A. A. Ionescu
I. Tomescu

Verificarea releelor de protecție și automatizare din stații electrice și posturi de transformare

97

colecția

electricianului

editura tehnică

Colecția electricianului

Ciclul **„Verificarea echipamentului electric din stații electrice și posturi de transformare"**

Vol. 96 : *Verificarea aparatajului primar din stații electrice și posturi de transformare*
Vol. 97 : *Verificarea releelor de protecție și automatizare din stații electrice și posturi de transformare*

Volumul de față asigură o tratare unitară, cu caracter de îndreptar, asupra probelor și verificărilor aparatajului secundar (relee de protecție și automatizare) din stații electrice și posturi de transformare. În acest scop, sistematizînd aparatajul de verificat, punctează principalele caracteristici tehnice și succint, principiul de funcționare, pentru evidențierea rolului și importanței fiecărui aparat în cadrul stației. În continuare este detaliat conținutul probelor, pînă la nivel de algoritm procedural, insistîndu-se asupra înțelegerii funcționalității schemelor tipice de protecție, respectării metodologiei de lucru, interpretării rezultatelor. Se dau exemple de calcule practice cu date concrete pentru stabilirea și fixarea reglajelor aparatajului de protecție. Tipurile de echipamente exemplificate sînt fabricate de industria românească sau din cele aflate în exploatarea curentă. Se fac atenționări și recapitulații asupra măsurilor de protecția muncii, indispensabile pentru asigurarea bunei desfășurări a lucrărilor. În ansamblu, volumul contribuie la ridicarea tehnicității exploatării, verificării și punerii în funcțiune a sistemelor electroenergetice și implicit la creșterea siguranței în funcționare a acestora, respectiv la îmbunătățirea continuității în alimentarea cu energie a consumatorilor.

Se adresează muncitorilor, maiștrilor și tehnicienilor electricieni din stațiile și posturile de transformare ale sistemului electroenergetic național.

Control științific : ing. ION NEDELCU
Redactor : ing. MIRCEA GROSU
Tehnoredactor : ELLY GORUN
Coperta colecției : VALENTIN VIȘAN

Coli de tipar : 14,25 ; Bun de tipar : 13.01.83 ;
C.Z. 621.311.4.004.5. Planșe : 5

Tiparul executat de I. P. „Oltenia" Craiova
Str. Mihai Viteazu nr. 4

1. Aparate și dispozitive utilizate la verificarea releelor și a circuitelor secundare

Verificarea și reglarea releelor comportă simularea situațiilor reale de funcționare a acestora. Este deci necesar ca în dotarea laboratoarelor în a căror sarcină intră exploatarea și întreținerea instalațiilor de protecție prin relee să existe o serie de dispozitive care să permită variația în game largi a curentului, tensiunii, defazajelor, frecvenței etc., precum și aparatele necesare pentru măsurarea acestor mărimi.

Întrucît în cadrul probelor și verificărilor prezentate în lucrare sînt folosite o serie de dispozitive și aparate de măsurat de largă răspîndire (autotransformatoare reglabile, reostate, ampermetre, voltmetre, wattmetre, ohmmetre etc.), principiul de funcționare și modul de lucru cu acestea nu va mai fi prezentat. În cele ce urmează se va pune accent pe cîteva aparate și dispozitive mai puțin întîlnite în mod curent, dar specifice verificărilor ce se execută asupra releelor.

1.1. Cronometrul Krizik

Este un cronometru acționat cu un motor sincron cu pornire și oprire comandată electric (fig. 1.1, fig. 1.2).

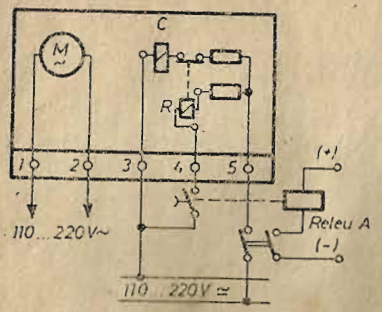


Fig. 1.1.

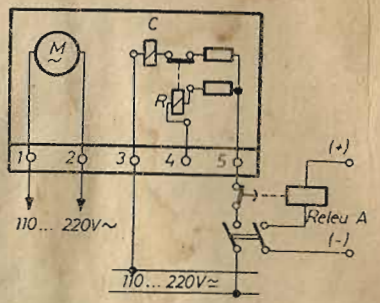


Fig. 1.2.

El dispune de:

— un motor sincron *M*, care poate fi alimentat la tensiunea de 110 sau 220 Vc.a., în funcție de poziția unor eclise situate sub capacul inferior;

— cupla electromagnetică *C*, care are rolul de a cupla sau decupla sistemul de orologerie cu axul motorului sincron;

— releul *R*, care are rolul de a întrerupe circuitul de alimentare al cuplei și implicit de a opri sistemul de orologerie.

Montat ca în fig. 1.1, cronometrul măsoară timpul de acționare, iar ca în fig. 1.2, măsoară timpul de revenire al unui releu *A*.

1.2. Indicatorul de succesiune a fazelor (DSF)

Indicatorul (fig. 1.3) servește la stabilirea succesiunii corecte a fazelor surselor de alimentare trifazate [2].

El acționează pe principiul inducției și este format din:

— trei electromagneți cu înfășurările conectate în stea;

— un disc de aluminiu care se poate roti în jurul unui ax;

— butonul de conectare *Bt*.

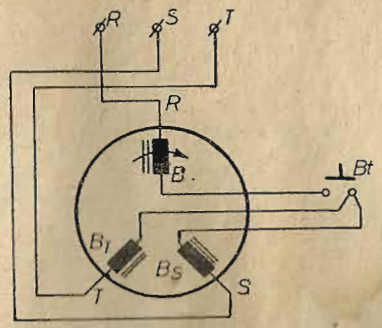


Fig. 1.3.

Dacă în urma apăsării butonului *Bt* discul se rotește spre dreapta, succesiunea este corectă, iar dacă se rotește spre stînga, succesiunea este inversă.

1.3. Trusa de curent-tensiune TCT-2

Trusa de curent-tensiune [2] permite variația în mod continuu a curentului alternativ în gamele: 0—5; 0—10; 0—20 A sau a tensiunii alternative în gamele: 0—110; 0—220; 0—440 V.

Pentru a fi folosită eficient, este recomandat ca trusei TCT-2 să i se aducă mici completări.

Astfel, pentru a putea verifica relee a căror bobină de acționare funcționează în curent continuu, se montează niște punți redresoare în paralel cu bornele de ieșire de curent și tensiune alternativă (desenate cu linie-punct în fig. 1.4). Curentul sau tensiunea redresată se poate culege de la niște borne montate suplimentar pe panoul frontal al trusei. Printr-o alegere judicioasă a diodelor redresoare se pot verifica deci cu ușurință și relee intermediare, de semnalizare, timp, aparate de măsurat de curent continuu etc.

Așa cum se va vedea la § 4.1 și apoi în capitolul 6, pentru anumite verificări este necesar să se cunoască cu exactitate

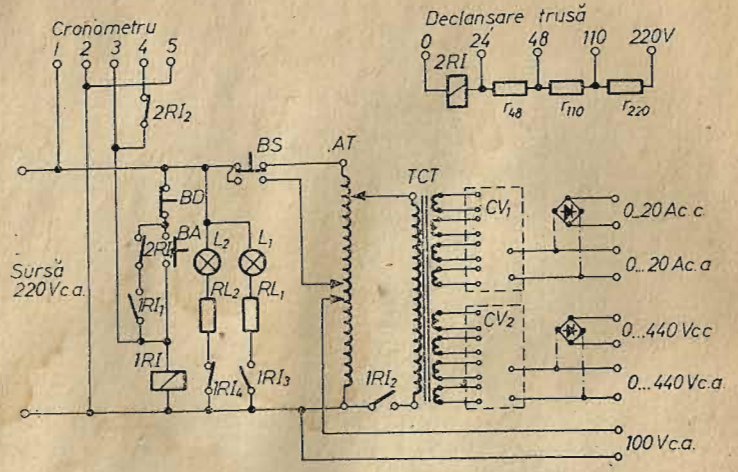


Fig. 1.4.

care sînt bornele „polarizate" de curent și tensiune ale trusei. Acestea sînt dependente de modul de conectare la rețeaua de alimentare.

Pentru determinarea bornelor polarizate se va utiliza metoda curentului continuu (fig. 1.5). Se scoate mai întîi capacul trusei. Se conectează apoi un miliampermetru de curent continuu la bornele de curent sau tensiune. Ținînd excitat din exterior releul *1 RI*, se conectează la bornele ștecherului, printr-o *atingere scurtă*, o baterie de lanternă. Dacă acul deviază mai întîi spre dreapta și apoi spre stînga poziției de zero a miliampermetrului, rezultă că bornele la care s-a racordat „plusul" bateriei și cel al miliampermetrului reprezintă bornele polarizate ale ștecherului, respectiv curentului sau tensiunii debitate de trusă.

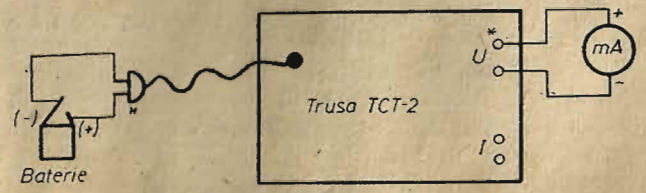


Fig. 1.5.

Dacă acul miliampermetrului deviază mai întîi spre stînga și mai apoi spre dreapta, se inversează polaritatea bateriei sau miliampermetrului.

Bornele polarizate se notează atît pe ștecher, cît și pe trusă. Ori de cîte ori este necesară utilizarea lor în unul din montajele de verificare descrise în cadrul lucrării, borna polarizată a ștecherului va trebui conectată la faza rețelei.

1.4. Decalorul monofazat de unghi (DMU)

Decalorul monofazat de unghi (fig. 1.6) este utilizat pentru verificarea releelor direcționale, de control al sincronismului, de distanță etc.

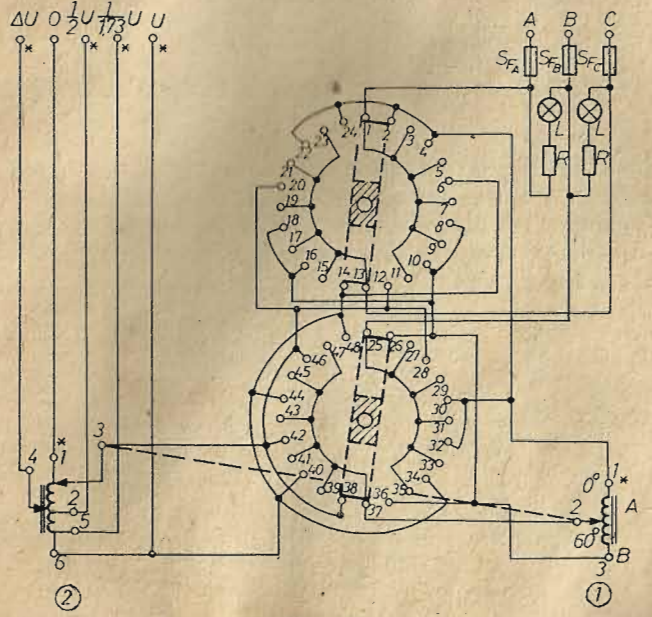


Fig. 1.6.

El furnizează o tensiune variabilă ca mărime și unghi.

Decalorul este realizat din două autotrasformatoare reglabile [2]. Cel notat cu ① este folosit pentru variația unghiului, iar cel notat cu ②, pentru variația tensiunii.

Alimentarea decalorului se face de la un sistem simetric de tensiune de 3×100 ; 3×220 sau 3×380 V. Pentru alimentarea decaloarelor de producție mai veche, care nu sînt prevăzute cu tensiune de alimentare de 3×380 V, se poate folosi un transformator coborîtor $3 \times 380/3 \times 100$ V.

La bornele $O - \Delta U$ se obține o tensiune variabilă ca mărime și unghi. Aceste borne sînt utilizate de regulă pentru alimentarea cu tensiune a releului ce se verifică.

La bornele $O - 1/2U$; $O - 1/1{,}73U$ și $O - U$, se obține o tensiune variabilă ca unghi și constantă ca valoare. Ea este egală cu 1/2 ; 1/1,73 sau 1/1 din tensiunea între faze a sursei de alimentare a decalorului. În general aceste borne sînt utilizate pentru alimentarea aparatelor care măsoară defazajele.

1.5. Trusa pentru încercarea izolației TCS-2

Trusa TCS-2 (fig. 1.7) este destinată încercării cu tensiune mărită a releelor și circuitelor secundare.

Tensiunea de încercare reglabilă se obține cu ajutorul autotrasformatorului *AT*, conectat în primarul transformatorului ridicător *TIT*.

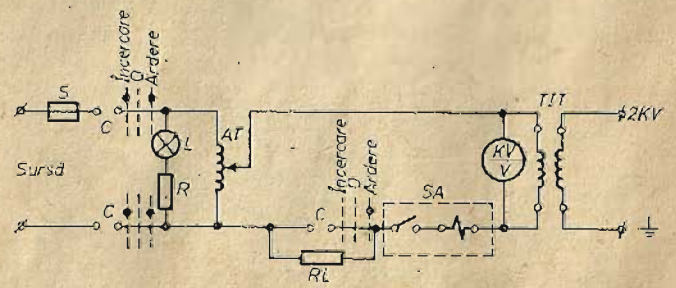


Fig. 1.7.

Aparatul *KV/V* este utilizat pentru măsurarea tensiunii de încercare și pentru măsurarea tensiunii de alimentare a trusei, fiind dotat cu două scări gradate.

Dacă izolația este necorespunzătoare, voltmetrul va indica o scădere a tensiunii de încercare, iar siguranța automată *SA* întrerupe alimentarea.

Pentru a localiza prin ardere un defect, minerul *C* se trece pe poziția „ardere". Conform instrucțiunilor de fabrică [2] durata de funcționare pe această poziție este de maximum un minut, iar timpul de pauză între două arderi succesive este de cel puțin trei minute.

Înaintea începerii măsurărilor se vor lua toate precauțiile necesare protejării personalului care execută proba, cît și a celor care pot veni în mod accidental în contact cu părțile aflate sub tensiune.

2. Relee. Caracteristici, verificări

2.1. Generalități

2.1.1. *Definiție*

Releul este un aparat care, supus acțiunii unor parametri electrici sau neelectrici de intrare, realizează o variație în salt a parametrului de ieșire.

Întrucît releele funcționează pe baza unui ciclu închis-deschis, ele fac parte din categoria aparatelor pentru comenzi discontinue.

În general un releu este alcătuit din trei părți:
— elementul sensibil;
— elementul intermediar (de comparație);
— elementul de execuție.

2.1.2. *Clasificarea releelor*

a) După principiul de funcționare al elementului sensibil releele pot fi:
— relee electromagnetice;
— relee magnetoelectrice;
— relee electrodinamice;

— relee de inducție;
— relee polarizate;
— relee termice;
— relee electronice;
— relee magnetice.

b) După tipul parametrului de intrare, releele pot fi:
— relee de curent;
— relee de tensiune;
— relee de subimpedanță;
— relee de putere etc.

c) După modul de conectare a elementului sensibil, releele pot fi:
— secundare, dacă se conectează prin intermediul transformatoarelor de curent și tensiune;
— primare, dacă se conectează direct la circuitul primar;
— intermediare, dacă acționează în urma comenzilor primite de la alte relee și au drept scop amplificarea acestor comenzi sau multiplicarea lor.

d) În funcție de principiul de funcționare a elementului de execuție, releele pot fi:
— relee cu contacte;
— relee fără contacte.

Ținînd cont de această clasificare și de clasificarea releelor după principiul de funcționare al elementului sensibil, releele din primele șase categorii de la punctul a) sînt relee cu contacte, în timp ce următoarele două sînt relee fără contacte.

2.1.3. *Caracteristici comune tuturor tipurilor de relee*

a) *Capacitatea de comutare.* Reprezintă valoarea maximă a sarcinii electrice pe care contactele releului o pot comuta de un număr de ori fără a suferi deteriorări.

b) *Coeficientul de revenire* K_r

$$K_r = \frac{X_r}{X_a},$$

unde :

X_a este valoarea parametrului de intrare la care se produce acționarea ;

X_r — valoarea parametrului de intrare la care releul revine în starea inițială.

c) *Consumul propriu.* Reprezintă puterea absorbită de releu.

d) *Precizia releului.* Reprezintă diferența dintre valoarea parametrului de intrare la care se produce acționarea releului și valoarea parametrului de intrare reglată pe releu.

Pentru a evalua precizia unui releu se calculează eroarea (ε) :

$$\varepsilon\ [\%] = \left| \frac{X_a - X_m}{X_m} \right| \times 100,$$

unde :

X_a este valoarea parametrului de intrare la care are loc acționarea releului ;

X_m — valoarea reglată pe releu.

Evident, cu cît eroarea este mai mică, cu atît valoarea de acționare este mai aproape de valoarea reglată pe releu și precizia acestuia este mai bună.

Precizia releelor poate varia în timp datorită condițiilor la care sînt supuse (variații de temperatură, durata între acționări succesive, frecări, variația parametrilor tensiunii sau curentului de alimentare etc.). Datorită acestui fapt, periodic se execută revizii în cadrul cărora se verifică exactitatea reglajelor inițiale și se înlătură defecțiunile apărute.

e) *Durata de acționare a releului.* Reprezintă timpul scurs din momentul în care releul a recepționat prin intermediul elementului sensibil o variație a parametrului de intrare capabilă să producă acționarea și momentul în care elementul de execuție acționează, transmițînd comanda.

În afara cazurilor cînd releele sînt construite special pentru a funcționa cu o anumită temporizare, este de dorit ca durata de acționare să fie cît mai mică.

2.2. Verificarea releelor

2.2.1. *Necesitatea verificării releelor*

Pentru a avea o exploatare sigură și eficientă a releelor, este necesar ca la punerea în funcțiune și apoi periodic, acestea să fie supuse unor operații de verificare. Aceste verificări trebuie să fie complete, să ofere deci garanția funcționării sigure și corecte în condițiile concrete ale exploatării.

Nerespectarea condițiilor de verificare precum și executarea unor reglaje incomplete, în afara unei funcționări nesigure, poate genera avarii și accidente în instalații.

2.2.2. *Verificări comune executate asupra releelor*

Datorită marii varietăți a releelor utilizate în instalațiile energetice, natura și complexitatea probelor și verificărilor la care sînt supuse acestea este diferită, depinzînd în principal de tipul și categoria din care fac parte. Se pot stabili cu toate acestea cîteva verificări comune, valabile de regulă pentru orice tip de releu. În cele ce urmează vor fi prezentate pe scurt aceste verificări, care cuprind :

2.2.2.1. **Verificarea generală a releului.** Această probă, are drept scop obținerea unor informații cu caracter general. Ea presupune verificarea concordanței dintre tipul și caracteristicile releului montat, cu datele din proiect, precum și constatarea inexistenței unor deteriorări ale părții mecanice sau electrice vizibile cu ochiul liber, fără o altă investigație. Deși în aparență neînsemnată, o verificare generală minuțioasă poate pune în evidență diverse defecte ale releului.

2.2.2.2. **Verificarea izolației.** Verificarea izolației are drept scop oprirea punerii în funcțiune a unui echipament în cazul în care părțile sale izolante nu pot împiedica pierderile de curent pe căi nepermise.

Punerea în funcțiune a unui echipament la care s-a constatat o izolație necorespunzătoare se poate solda, în afara distrugerii lui, cu scoaterea din funcțiune și a altor instalații.

Verificarea izolației se face în două etape :

— măsurarea rezistenței de izolație ;

— încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.

a) *Măsurarea rezistenței de izolație.* Se execută cu inductorul de 1 000 V. Releul se consideră ca fiind corespunzător dacă după un minut de la aplicarea tensiunii, rezistența de izolație este mai mare decît 10 MΩ.

Dacă rezistența de izolație a fost corespunzătoare, se poate trece la încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.

b) *Încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.* Se execută cu ajutorul trusei pentru încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită sau cu inductorul de 2 500 V. Și într-un caz și în altul releul care se verifică trebuie să suporte tensiunea aplicată timp de un minut. Releul este considerat corespunzător din punct de vedere al acestei probe, dacă în timpul ei nu se constată străpungeri, scîntei sau efluvii.

După încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită, se va executa o nouă probă de verificare a rezistenței de izolație, pentru a determina eventualele slăbiri ale izolației ca urmare a încercării.

2.2.2.3. **Verificarea mecanică.** În cadrul acestei probe se urmărește ca părțile mecanice ale releului să aibă o funcționare corespunzătoare, fără frecări, să nu existe jocuri nepermise ale pieselor aflate în mișcare, șuruburi slăbite, legături nesigure etc.

O atenție deosebită trebuie acordată corectei funcționări a mecanismelor de orologerie din componența releelor de timp.

Corecta funcționare a părții mecanice, și cu atît mai mult a întregului releu, este strîns legată de modul de funcționare a contactelor. Acestea trebuie să lucreze fără vibrații, să asigure o închidere fermă a circuitelor, să nu rămînă agățate după acționări etc.

2.2.3. *Verificări specifice executate asupra releelor*

În această grupă de verificări intră probele cu caracter special care se execută asupra fiecărui releu în parte și care țin cont de tipul, destinația și caracteristicile releului respectiv. Aceste probe se împart în :

a) verificarea generală a modului de funcționare a releului ;

b) fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului.

În cadrul verificării generale a modului de funcționare a releului se urmărește comportamentul acestuia în diverse situații și pentru diferite puncte de reglaj astfel alese, încît să ofere garanția unei funcționări corespunzătoare a releului în oricare din situațiile reale ale exploatării. De asemenea se execută diverse măsurări care trebuie să verifice respectarea principalelor caracteristici tehnice din prospecte.

Prin fixarea și verificarea valorilor de reglaj, releul devine apt de a funcționa în cadrul schemei de protecție sau automatizare din care face parte.

Pentru a avea garanția unei funcționări corespunzătoare este necesar ca, periodic, atît releele cît și reglajele efectuate să fie revizuite. Reviziile pot fi planificate sau neplanificate.

Reviziile planificate ale releelor se execută de regulă odată cu restul aparatelor din celula respectivă.

Reviziile neplanificate se execută de regulă în cazul unui refuz sau funcționări incorecte.

În cadrul lucrării de față, accentul principal se va pune pe verificările specifice executate asupra releelor.

2.2.4. *Concluzii privind verificarea releelor*

Verificarea releelor presupune executarea unor operații complexe care solicită maximum de atenție și corectitudine din partea celor care le execută.

Cu ocazia punerilor în funcțiune, după reparații, sau cînd există incertitudini asupra comportamentului releului în exploatare, se execută — în afara probelor de la § 2.2.2.1 ;

§ 2.2.2.2 și § 2.2.2.3 — atît verificarea generală a modului de funcționare a releului (proba a), cît și fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale acestuia (proba b).

Cu ocazia reviziilor periodice a releelor se execută în general probele de la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3, precum și verificarea corectei acționări a releului pentru valoarea stabilită prin planul de reglaje, simulîndu-se toate situațiile concrete ce pot apare în timpul funcționării.

3. Verificarea releelor a căror acționare depinde de variația unui singur parametru de intrare

3.1. Relee intermediare

Releele intermediare sînt relee electromagnetice, utilizate în instalațiile de automatizare comandă și control, ca element amplificator sau de execuție a unor comenzi. Ele au de regulă mai multe contacte, care pot fi normal închise sau normal deschise. În general acționarea este instantanee, dar există și tipuri la care acționarea se face cu temporizare la închidere sau deschidere. Bobina poate fi acționată în curent continuu sau alternativ.

3.1.1. *Caracteristici principale*

În tabelul 3.1 sînt date principalele tipuri de relee intermediare și caracteristicile lor.

Releele RI-3 (fig. 3.1) sînt construite în diverse variante cu 4, 6 sau 8 contacte, unele normal închise, iar altele normal deschise. Acționarea lor este instantanee.

Releele RI-3T sînt relee cu temporizare și se construiesc cu patru contacte (2 ND + 2 NÎ).

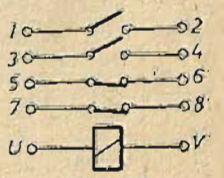


Fig. 3.1.

Tabelul 3.1

Nr. crt.	Caracteristici tehnice \ Tipul releului	RI-3; RI-3T; RI-7				RI-4; RI-5				RI-10			
		c.c.		c.a.		c.c.		c.a.		c.c.		c.a.	
		U_n	R	U_n	R	U_n	R	U_n	R	U_n	R	U_n	R
1	Tensiunea nominală U_n [V] Rezistența ohmică R [Ω] a bobinei	12	25	12	1,1	12	70	12	8	24	278	—	—
		24	93	24	4,5	24	250	24	27	48	895	—	—
		36	230	42	15	48	1 080	42	95	60	1 340	—	—
		48	350	48	21	60	1 680	48	125	110	4 560	—	—
		60	540	110	93	90	3 600	100	550	220	16 400	—	—
		110	2 300	125	130	110	4 800	110	750	—	—	—	—
		220	8 200	220	370	220	17 300	125	950	—	—	—	—
		—	—	380	1 200	—	—	220	2 600	—	—	—	—
		—	—	500	2 200	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Abateri maxime ale rezistenței R [%]	±10%		±10%		±15%		±15%		±10%		—	
3	Tensiunea minimă de acționare	$0,8U_n$		$0,8U_n$		$0,75U_n$		$0,85U_n$		$0,68U_n$		—	
4	Tensiunea de revenire	—		—		$0,15U_n$		$0,35U_n$		$0,20U_n$		—	
5	Frecvența rețelei [Hz]	—		50		—		50		—		—	
6	Puterea maximă absorbită [W], [VA]	8		30		3		6		3		—	
7	Durata de viață mecanică [manevre × 10^6]	1		1		1		1		0,25		—	
8	Timpul de acționare/revenire [ms]	40/40		40/40		50/45		50/45		30/20		—	
9	Durata de viață electrică [manevre × 10^6]	1		1		1		1		0,25		—	
10	Curentul de conectare [A]	4		20 la cos φ = 0,5 20 la cos φ = 1		10		10 la cos φ = 0,4 10 la cos φ = 0,2		5		5	
11	Curentul de deconectare [A]	4		5 la cos φ = 0,5 8 la cos φ = 1		0,4		2 la cos φ = 0,4 1,5 la cos φ = 0,2		0,2		1	

Releele RI-3TR reprezintă varianta cu temporizare la revenire, iar RI-3TA — varianta cu temporizare la închidere.

Releele RI-4 și RI-5 (fig. 3.2) pot avea contacte normal închise, normal deschise sau NÎ + ND cu pol comun. Releul se poate conecta prin intermediul unui soclu sau direct prin lipirea firelor.

Releele RI-7 (fig. 3.3) se construiesc cu șapte contacte care pot fi normal închise sau deschise, în diverse variante constructive.

Releul este acționat cînd se aplică o tensiune corespunzătoare la bornele $U - V$ și rămîne blocat mecanic în această poziție (chiar dacă dispare tensiunea de la aceste borne).

Pentru deblocare, este necesar să se aplice o tensiune la bornele $U_1 - V_1$ ale bobinei de deblocare electromagnetică.

Releele RI-10 (fig. 3.4) au patru contacte cu pol comun, patru normal deschise și patru normal închise. Prinderea pe panou se face prin intermediul unor prize cu legături față sau spate. Există trei variante constructive:

— RI-10A, fără semnalizare;
— RI-10B, cu semnalizarea poziției;
— RI-10C, cu semnalizarea funcționării.

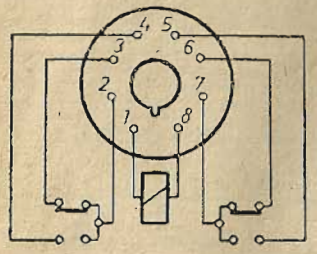


Fig. 3.2.

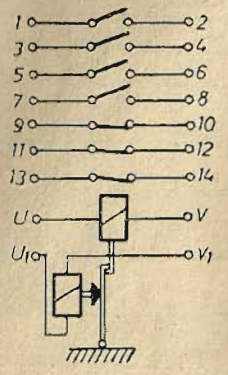


Fig. 3.3.

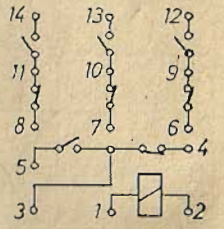


Fig. 3.4.

3.1.2. *Verificarea releelor intermediare*

Verificarea generală și verificarea mecanică se execută conform celor expuse la § 2.2.2.1 și § 2.2.2.3.

3.1.2.1. **Verificarea izolației.** a) *Măsurarea rezistenței de izolație.* Măsurarea se execută cu ajutorul inductorului, succesiv între carcasă și contacte, între carcasă și bobină și între bobină și contacte, conform fig. 3.5.

Valoarea obținută trebuie să fie mai mare decît 10 MΩ, pentru toate cele trei măsurări.

Dacă rezistența de izolație a fost corespunzătoare, se poate încerca izolația cu tensiune alternativă mărită.

b) *Încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.* Încercarea se execută conform schemei de conexiuni din fig. 3.6, utilizînd o trusă pentru încercarea izolației cu tensiune alternativă sau un inductor de 2 500 V. Cu montajul din fig. 3.6 se încearcă izolația dintre contacte și corpul releului. Se repetă încercarea și pentru celelalte situații din fig. 3.5. Releul este considerat corespunzător dacă timp de un minut cît durează încercarea pentru fiecare din cele trei situații nu se constată străpungeri ale izolației, scînteI sau efluvii.

3.1.2.2. **Verificarea generală a modului de funcționare.** a) *Măsurarea rezistenței ohmice a bobinei de acționare.* Se execută conform fig. 3.7, cu o punte pentru măsurarea rezistenței.

În funcție de tipul și tensiunea pentru care este construit releul, valoarea măsurată trebuie să fie egală sau să difere foarte puțin (cîteva procente în plus sau în minus), de valoarea dată în tabelul 3.1, pentru releul respectiv.

Pot apare următoarele situații:

— Puntea nu se echilibrează. În acest caz, bobina poate fi întreruptă, arsă sau nu face contact la borne.

— Puntea se echilibrează, dar rezistența măsurată este mai mare, depășind cu mult toleranțele admisibile. În acest caz releul poate fi pentru altă tensiune mai mare decît cea înscrisă pe el sau prezintă o greșeală de fabricație. Răspunsul corect se poate da comparînd valoarea obținută cu valorile din tabelul 3.1.

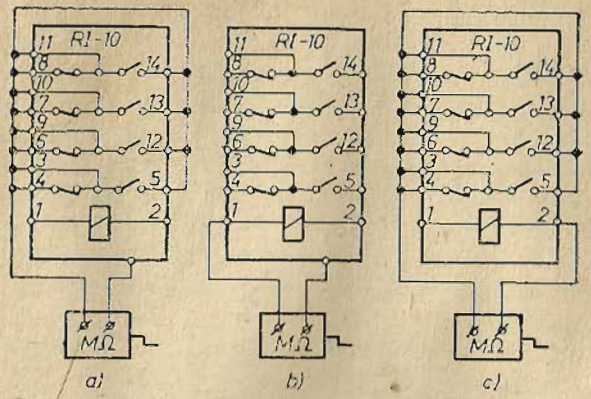


Fig. 3.5.

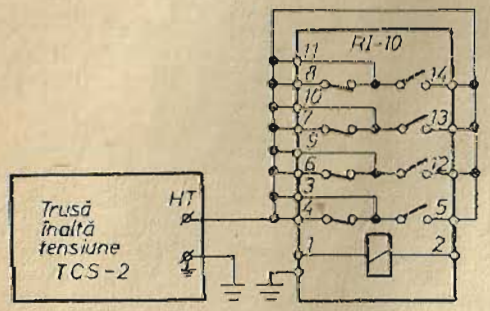


Fig. 3.6.

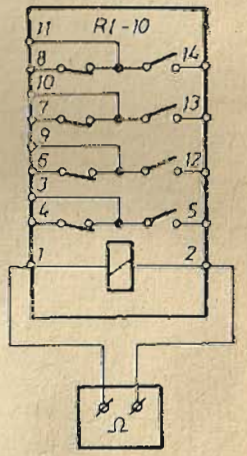


Fig. 3.7.

— Puntea se echilibrează, dar rezistența măsurată este mai mică, depășind toleranțele admisibile. În acest caz releul poate fi construit pentru altă tensiune mai mică decît cea înscrisă pe releu, poate avea spire în scurtcircuit sau prezintă o defecțiune de fabricație.

— Puntea se echilibrează și valoarea măsurată corespunde valorilor din tabelul 3.1. Releul este deci corespunzător din punct de vedere al acestei probe.

b) *Măsurarea tensiunii minime de acționare și a tensiunii de revenire a releelor intermediare.* Se execută cu un montaj ca în fig. 3.8 utilizînd o trusă curent-tensiune modificată (vezi capitolul 1) și în funcție de bobina releului, un voltmetru de curent continuu sau alternativ cu scală corespunzătoare tensiunilor ce se vor măsura.

Cuplînd trusa, se crește încet tensiunea pînă cînd releul anclanșează, moment marcat de zumărul *h*. Se citește tensiunea la voltmetrul V. Această valoare reprezintă $U_{min\ actionare}$ și ea trebuie să corespundă valorilor din tabelul 3.1. Scăzînd apoi tensiunea, se determină valoarea $U_{revenire}$ la care are loc deschiderea releului.

Valori de acționare mai mici decît $U_{min\ actionare}$ nu pot fi admise, deoarece releul ar putea să funcționeze în cazul cînd ar primi o tensiune redusă prin înserierea cu bobinele altor relee sau aparate.

Valori de acționare prea mari pot face ca releul să nu lucreze dacă bobina sa este înseriată cu bobina unui releu de semnalizare de curent, situație întîlnită frecvent în schemele de protecție și automatizări.

Cînd nu cunoaștem tensiunea minimă de acționare a unui releu, se adoptă pentru $U_{min\ actionare}$ valoarea de 0,7--0,80 U_n.

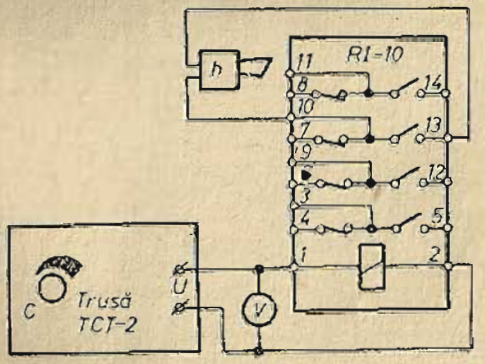


Fig. 3.8.

Tabelul 3.2

Nr. crt.	Caracteristici tehnice \ Tipul releului	RdS-2; $U_n(I_n)$	RdS-3 $R(\Omega)$	RSE-B_1; $U_n(I_n)$	RSE-B_2 $R(\Omega)$
1	Relee de tensiune				
	— Tensiunea nominală a bobinei, U_n [V]	12	87	24	775
	— Rezistența ohmică a bobinei, R [Ω]	24	360	48	2 700
		48	1 440	60	4 250
		110	7 500	110	10 500
		220	28 000	220	50 000
	Tensiunea minimă de acționare	$0{,}65\,U_n$		$0{,}75\,U_n$	
	Abateri admisibile ale rezistenței ohmice	±10%		±10%	
2	Relee de curent				
	— Curentul nominal al bobinei, I_n [A]	0,010	2 200	0,010	6 500
	— Rezistența ohmică a bobinei, R [Ω]	0,015	1 000	0,015	2 700
		0,025	320	0,025	1 100
		0,050	70	0,050	270
		0,075	30	0,075	120
		0,100	18	0,100	68
		0,150	8	0,150	30
		0,250	3	0,250	10
		0,500	0,7	0,500	2,75
		1,000	0,2	1,00	0,68
				1,500	0,45
				2,500	0,175
				5,000	0,050
				7,500	0,016
				10,00	0,010
	Curentul minim de acționare	$0{,}75\,I_n$		$0{,}75\,I_n$	
	Abateri admisibile ale rezistenței ohmice	±10%		±10%	
3	Curentul de conectare [A] c.c.	0,2		2	
	c.a.	1,0		5	
4	Curentul de deconectare [A] c.c.	0,2		0,2	
	c.a.	1,0		0,5	

Dacă în urma verificării tensiunii minime de acționare se determină valori diferite de cele date în tabelul 3.1, se acționează (dacă este posibil) asupra resoartelor antagoniste.

Această operație se face relativ simplu la relecle tip RI-3 ; RI-3T ; RI-4 ; RI-5 ; și mai dificil la relecle RI-10.

3.2. Relee de semnalizare

Relecle de semnalizare sînt relee electromagnetice utilizate în instalațiile de automatizare, comandă și control, pentru a pune în evidență apariția unor fenomene nedorite sau pentru a indica ce releu sau ansamblu de relee a lucrat. În general, ele se construiesc ca relee de curent continuu sau tensiune continuă.

3.2.1. *Caracteristici principale*

În tabelul 3.2 sînt date principalele tipuri de relee de semnalizare și caracteristicile lor.

Releul RdS-2 lucrează la apariția mărimii controlate, iar releul RdS-3 lucrează la dispariția mărimii controlate. În fig. 3.10 este prezentată schema electrică a unui releu tip RdS-2 sau RdS-3, iar în tabelul 3.3 sînt indicate pozițiile clapetei de semnalizare în funcție de starea electromagnetului de acționare.

Tabelul 3.3

Poziția clapetei		intermediară	căzută	ridicată
		negru / alb	roșu / alb	negru / alb / roșu
starea bobinei	Rds 2	neexcitată	excitată	excitată
	Rds 3	excitată	neexcitată	neexcitată
contacte		deschise	închise	deschise

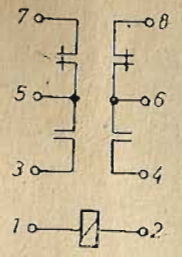


Fig. 3.9.

Astfel, în poziția intermediară (col. 1, tabelul 3.3), releul este pregătit pentru a funcționa. Cu clapeta căzută (col. 2, tabelul 3.3), înseamnă că releul a funcționat. Dacă se încearcă să se anuleze semnalizarea prin ridicarea clapetei și aceasta revine la poziția intermediară, înseamnă că semnalizarea a dispărut. Dacă clapeta rămîne în poziția ridicată (col. 3, tabelul 3.3), înseamnă că semnalizarea nu a dispărut.

Ca și releele RdS, varianta îmbunătățită de relee de semnalizare tip RSE (fig. 3.9) cuprinde două tipuri:

RSE-B_1 lucrează la apariția mărimii controlate;

RSE-B_2 lucrează la dispariția mărimii controlate.

În tabelul 3.4 sînt indicate pozițiile clapetei de semnalizare în funcție de starea electromagnetului de acționare.

Tabelul 3.4

Poziția clapetei		intermediară	căzută	ridicată
starea bobinei	RSE-B_1	neexcitată	excitată	excitată
	RSE-B_2	excitată	neexcitată	neexcitată

3.2.2. *Verificarea releelor de semnalizare*

3.2.2.1. **Generalități.** Verificarea generală, verificarea izolației și verificarea mecanică se execută conform celor prezentate la releele intermediare și în cadrul § 2.2.

O atenție deosebită va fi acordată totuși verificării mecanice. Astfel la releele tip RdS-2; 3, se verifică dacă clapeta se rotește fără frecări, dacă nu rămîne agățată, dacă nu este sărit resortul antagonist și dacă la căderea clapetei, se închid contactele în mod corespunzător.

În mod asemănător se va proceda și cu releele $RSEB_1$, $RSEB_2$. La ambele tipuri de relee trebuie avut în vedere să existe o concordanță perfectă în timpul funcționării între poziția clapetei, contacte și starea electromagnetului, așa cum reiese din tabelul 3.3 și tabelul 3.4.

3.2.2.2. **Verificarea generală a modului de funcționare.**

a) *Măsurarea rezistenței ohmice a bobinelor de acționare.* Se execută la fel ca la releele intermediare (§ 3.1.2.2.a), concluziile rămînînd valabile.

b) *Verificarea tensiunii sau curentului minim de acționare.* În fig. 3.10, *a* este prezentată schema pentru măsurarea tensiunii minime de acționare a releelor de semnalizare de tensiune, iar în fig. 3.10, *b* — cea a curentului minim de acționare la releele de semnalizare de curent.

În primul caz trusa de curent-tensiune modificată este reglată pentru a debita tensiune continuă, iar în al doilea caz, pentru a debita curent continuu.

În situația că se verifică relee ce lucrează la apariția mărimii controlate (tip RdS-2 sau RSE-B_2), verificarea de-

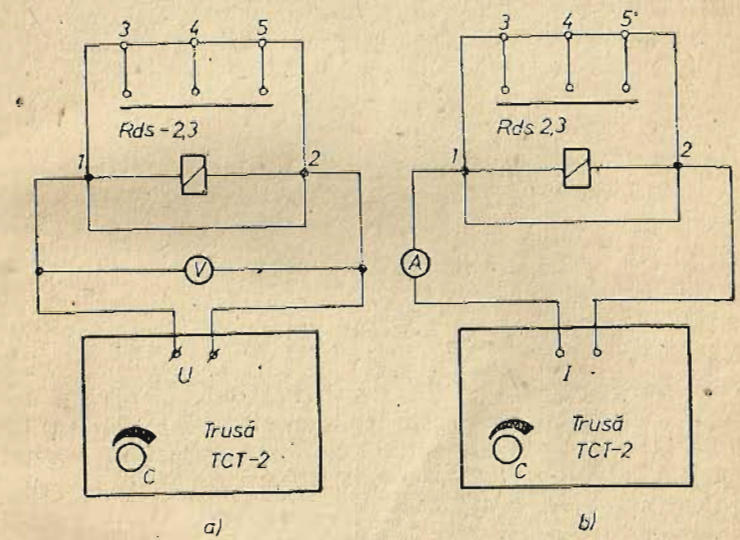


Fig. 3.10.

curge astfel: cu trusa decuplată se verifică dacă mîneru pentru creşterea continuă a tensiunii este în poziţia tensiune sau curent zero. Se cuplează trusa şi apoi se creşte încet tensiunea sau curentul pînă cînd clapeta va indica faptul că releul a lucrat.

Valoarea citită în acel moment reprezintă U_{min} sau I_{min} de acţionare. Această valoare este considerată corespunzătoare, dacă este egală cu valorile indicate în tabelul 3.2.

În situaţia că se verifică relee care lucrează la dispariţia mărimii controlate (tip RdS-3 sau RSE-B_z), proba decurge astfel: se reglează trusa astfel încît releului să i se aplice tensiunea nominală. În acest moment bobina este excitată şi clapeta nu trebuie să fie căzută. Scăzînd încet tensiunea releul va lucra, moment marcat de căderea clapetei, electromagnetul fiind dezexcitat. Valoarea citită în acel moment reprezintă $U_{min\ acţionare}$. Ea este corespunzătoare dacă îndeplineşte condiţiile din tabelul 3.2.

Verificările trebuie executate avînd capacul pus la releu, pentru a avea certitudinea că acesta nu împiedică corecta funcţionare a clapetei.

În caz că se obţin valori diferite pentru U_{min} sau I_{min} de acţionare, se acţionează asupra resoartelor antagoniste.

3.3. **Relee de curent şi tensiune**

3.3.1. *Caracteristici principale*

Releele de curent şi tensiune sînt relee de tip electromagnetic.

Releele de curent (fig. 3.11) sînt construite ca relee maximale, acţionînd la creşterea curentului peste valoarea reglată. De regulă au un contact normal deschis. În prezent la noi se fabrică releul de curent RC-2, care poate fi reglat în mod continuu între $0{,}25I_n$ şi $1I_n$.

Releele de tensiune sînt construite fie ca relee maximale, fie ca relee minimale.

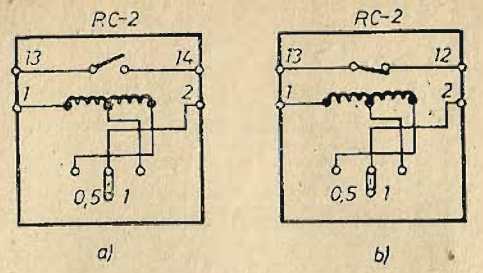


Fig. 3.11.

Releele maximale de tensiune (fig. 3.12, *a*), lucrează la creşterea tensiunii peste o anumită valoare reglată şi au de regulă un contact normal deschis. La noi se fabrică releul maximal de tensiune RT-3 şi releul maximal RT-3S.

Releele minimale de tensiune (fig. 3.12, *b*) lucrează la scăderea tensiunii sub o anumită valoare reglată şi au de regulă un contact normal închis. În prezent, la noi se fabrică releul minimal de tensiune RT-4 şi RT-4S. Relelee RT-3S şi RT-4S au bobina stabilă termic.

În anumite situaţii releele RC sau RT pot fi prevăzute cu un contact cu pol comun (NÎ + ND).

Releele de tensiune RT-3 sau RT-4, se pot regla între $0{,}25U_n$ şi $1\ U_n$.

Pentru a putea realiza un reglaj între 1/4 şi 1/1 din valoarea de serviciu, releele RC-2; RT-3 şi RT-4 au prevăzute o priză la mijlocul bobinei de acţionare (fig. 3.11 şi fig. 3.12).

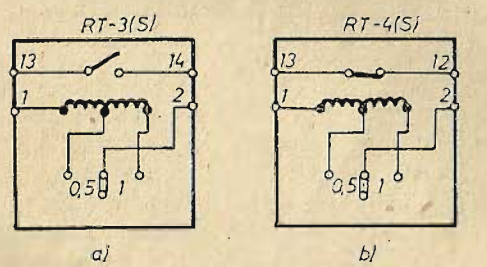


Fig. 3.12.

Alegerea domeniului 1/4—1/2 sau 1/2—1/1 din valoarea de serviciu se face cu ajutorul unei eclise aflate în partea de jos a scalei de reglaj.

În tabelul 3.5. sînt date principalele caracteristici tehnice ale releelor de curent și tensiune fabricate în țară.

3.3.2. *Verificarea releelor de curent*

Verificarea generală, încercarea izolației și verificarea mecanică, se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1, § 2.2.2.2, § 2.2.2.3.

3.3.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** Verificarea se execută cu montajul din fig. 3.13, utilizînd o trusă curent-tensiune (reglată pentru a furniza curent alternativ) și un ampermetru.

Înaintea începerii verificărilor se urmărește dacă mînerul *C* al trusei este pe poziția zero și se fixează eclisa de alegere a domeniului de măsurare al releului în gama care cuprinde valoarea ce urmează a fi reglată.

În cadrul probei se verifică corecta etalonare a scalei de reglaj. Pentru aceasta se fixează butonul de reglaj al scalei în dreptul primei diviziuni și se crește încet curentul pînă ce releul va acționa, închizîndu-și contactul. Valoarea citită în acel moment reprezintă curentul de acționare I_a al releului. Creștem în continuare curentul cu 15 ÷ 20% peste valoarea reglată și verificăm dacă contactul rămîne ferm închis, fără vibrații sau întreruperi. Scădem apoi curentul și

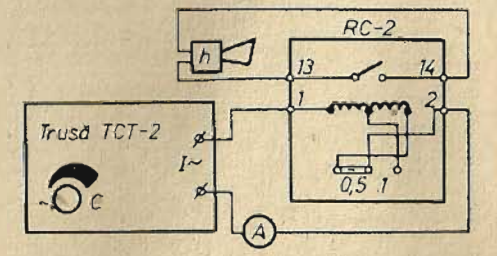


Fig. 3.13.

Tabelul 3.5

Nr. crt.	Caracteristici tehnice / Tipul releului		Relee de curent RC-2	Relee de tensiune RT-3	RT-3S	RT-4	RT-4S
1	Curentul [A] sau tensiunea nominală [V]		0,2 0,6 2 6 10 20 50 100 200	60 200 400 — — — — — —	15 30 — — — — — — —	48 160 320 — — — — — —	30 60 120 — — — — — —
2	Frecvența nominală		50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
3	Abateri admisibile la verificarea etalonării scalei de reglaj		±5%	±5%	±5%	±5%	±10%
4	Coeficientul de revenire		0,85—0,92	0,85—0,92	≈0,8	1,10—1,26	≈1,35
5	Curentul de conectare [A]	c.c.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		c.a.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
6	Curentul de deconectare [A]	c.c.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		c.a.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Releu RC-2-10A	Eclisa pe poziția 0,5			
Scala	0,5	0,6	0,7	0,8
Curentul [A]	2,5	3,0	3,5	4,0
I_a [A]				
I_r [A]				
K_r				

măsurăm valoarea I_r pentru care contactul se desface, revenind la poziția inițială.

Operația se repetă identic pentru ficcare punct al scalei de reglaj, calculîndu-se totodată și coeficientul de revenire $K_r = \frac{I_r}{I_a}$. Rezultatele se trec într-un tabel (tabelul 3.6).

Releul se consideră corespunzător dacă coeficientul de revenire și abaterile etalonării scalei de reglaj nu depășesc valorile indicate în tabelul 3.5.

3.3.2.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valoarea dată în planul de reglaje.

3.3.3. *Verificarea releelor de tensiune*

3.3.3.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** *Releele maximale* se verifică ca și cele de curent, utilizînd un montaj ca în fig. 3.14. Trusa curent-tensiune este reglată pentru a debita tensiune.

Releele de minimă tensiune se verifică folosind același montaj. Buzerul se va conecta însă la bornele *12—13* ale releului.

Releele de minimă tensiune își închid contactul cînd tensiunea controlată scade sub valoarea reglată pe scală.

Tabelul 3.6

	Eclisa pe poziția 1						
0,9	1,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
4,5	5,0	5	6	7	8	9	10

De aici rezultă că totdeauna cînd tensiunea aplicată releului este mai mare decît valoarea reglată, contactul său este deschis.

Verificarea corectei etalonări a scalei se execută astfel:

— se fixează butonul de reglaj al scalei în dreptul primei diviziuni;

— se verifică dacă mînerul *C* al trusei este în poziție minimă;

— se cuplează trusa și se crește tensiunea pînă cînd contactul releului se deschide. În acest moment, tensiunea aplicată este mai mare decît valoarea reglată pe releu;

— se scade apoi încet tensiunea pînă cînd contactul se închide. Valoarea măsurată în acel moment reprezintă tensiunea de lucru U_l;

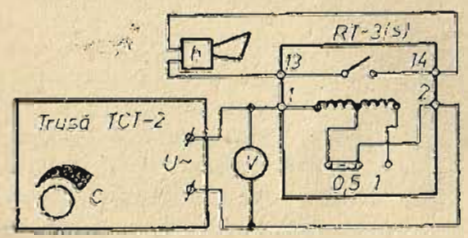


Fig. 3.14.

— se crește din nou tensiunea și se determină valoarea U_r pentru care contactul revine la poziția deschis. Evident, $U_i < U_r$ și în acest caz,

$$K_r = \frac{U_r}{U_i} > 1.$$

Se procedează în modul arătat mai sus, pentru fiecare punct al scalei. Rezultatele măsurărilor se înglobează într-un tabel asemănător tabelului 3.6.

3.3.3.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valoarea dată prin planul de reglaje.

3.4. Relee de timp. Releu de timp RTpa5

Releele de timp sînt utilizate în instalațiile de automatizare și control pentru realizarea anumitor temporizări impuse de necesitățile funcționale ale schemelor. În fig. 3.15 este prezentată schema electrică a unui releu RTpa-5.

3.4.1. *Caracteristici principale*

În tabelul 3.7 sînt date caracteristicile releului RTpa-5 fabricat la noi în țară.

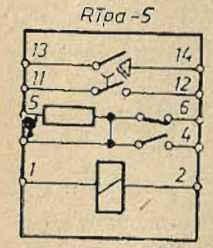


Fig. 3.15.

Releul este prevăzut cu mai multe contacte :

— contactul *11—12* este contactul final — temporizat cu reglaj continuu ;

— contactul *13—14* este un contact pasager care poate fi de asemenea reglat în mod continuu ;

— contactul normal închis *3—6* și cel normal deschis *3—4* sînt contacte instantanee.

Tabelul 3.7

Nr. crt.	Caracteristici tehnice / Tipul releului		RTpa-5 U_n (V)	RTpa-5 R (Ω)
1	— Tensiunea nominală a bobinei, U_n [V]		24 48 60 110 220	20 80 120 450 1 750
	— Rezistența ohmică a bobinei, R [Ω]			
2	— Abateri admisibile la etalonarea scalei de reglaj, în gama [S] :	0,06 s 0,12 s 0,25 s 0,80 s	0,1 ... 1,3 s 0,25... 3,5 s 0,50... 9,0 s 2 ...20 s	
3	Curentul de conectare [A]	c.c. c.a.	5 5	
4	Curentul de deconectare [A]	c.c. c.a.	0,5 2	
5	Tensiunea minimă de acționare		$0{,}75\,U_n$	

3.4.2. *Verificarea releului RTpa-5*

Verificarea generală a releului, verificarea izolației precum și verificarea mecanică se execută conform celor prezentate în cadrul cap. 2, § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 ; § 2.2.2.3.

3.4.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** La puneri în funcțiune, după reparații sau modificări, aceste verificări cuprind :

a) *Măsurarea rezistenței ohmice a bobinei de acționare.* Se execută cu ajutorul unei punți de rezistențe ohmice conectată la bornele *1—2* ale releului. Valoarea măsurată nu trebuie să difere de cea indicată în tabelul 3.7, pentru tensiunea de serviciu a releului care se verifică.

b) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj.* Se execută utilizînd montajul din fig. 3.16, folosind :

— o trusă curent-tensiune tip ICEMENERG modificată (vezi cap. 1) ;

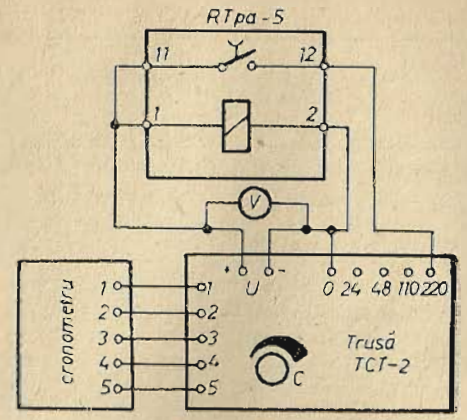


Fig. 3.16.

— un voltmetru de curent continuu ;

— un cronometru.

Operațiile de verificare decurg în modul următor :

— trusa fiind decuplată, se verifică corectitudinea executării montajului și dacă mînerul *C* este pe poziția minimă ;

— se fixează butonul de reglaj al contactului final în dreptul primei diviziuni a scalei și se strînge șurubul de reglaj ;

— se cuplează trusa și se crește tensiunea pînă la o valoare egală cu tensiunea de serviciu a releului, după ce în prealabil a fost desfăcut unul din cordoanele conectate la bornele pentru declanșarea trusei.

După ce s-a fixat tensiunea de alimentare la o valoare corespunzătoare, se decuplează trusa și se reface circuitul în starea inițială.

— Se cuplează trusa. Tensiunea aplicată releului fiind egală cu tensiunea sa nominală, el va acționa și va comanda declanșarea trusei după un interval de timp ce va fi indicat de cronometru.

— Se anulează indicația cronometrului și se vor efectua încă două măsurări, pentru aceeași diviziune.

— Se repetă operația pentru fiecare punct de reglaj de pe scală, efectuînd pentru fiecare diviziune în parte media celor trei măsurări.

În funcție de gama de temporizare a releului verificat, abaterile la verificarea etalonării scalei de reglaj nu trebuie să depășească valorile din tabelul 3.7.

c) *Verificarea corectei acționări a releului la tensiunea minimă admisibilă de funcționare.* Se execută tot cu montajul din fig. 3.16, dar tensiunea aplicată bobinei va fi de numai 0,75 U_n. Butonul de reglaj al contactului temporizat se fixează în dreptul uneia din valorile de pe scală. Măsurînd temporizarea la 0,75 U_n, nu trebuie să obținem diferențe față de valorile obținute pentru același punct la U_n.

3.4.2.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj.** Se execută cu același montaj (fig. 3.16) și în același mod ca mai sus.

3.5. Releu de frecvență minimă RFm-3

Releele de frecvență minimă sînt destinate deconectării automate a unor consumatori cînd frecvența tensiunii rețelei scade sub o anumită valoare reglată pe releu.

3.5.1. *Principiu de funcționare, caracteristici*

Funcționarea releului de frecvență minimă RFm-3 [2] se bazează pe compararea duratei perioadei semnalului supravegheat, cu o durată etalon interioară.

Semnalul sinusoidal supravegheat este aplicat circuitului *1*, fig. 3.17. Acesta produce niște impulsuri dreptunghiulare cu o durată egală cu perioada semnalului supravegheat. Impulsul dreptunghiular produs de *1* se compară ca durată cu impulsul etalon interior, generat de circuitul monostabil *2*. Dacă durata semnalului T_1 (egală cu perioada semnalului supravegheat) este mai mare decît durata impulsului etalon T, are loc comanda circuitului monostabil *3*, care acționează circuitul de execuție *4* și implicit releul de ieșire (*R*).

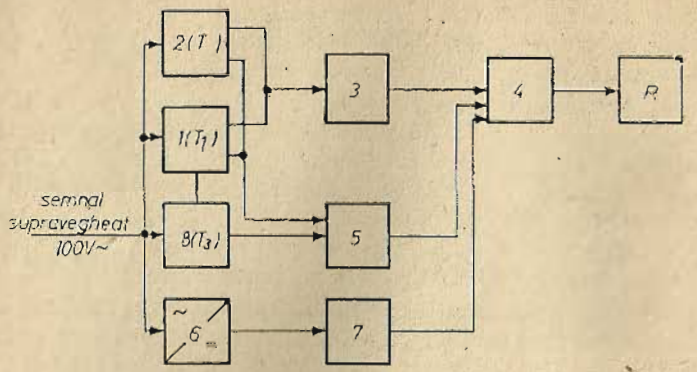


Fig. 3.17.

Dacă durata (perioada) semnalului supravegehat T_1 este mai mică decît durata impulsului etalon T, este acționat circuitul monostabil *5* care blochează circuitul de execuție *4*.

Schema interioară a releului este alimentată prin intermediul redresorului stabilizat *6*, a cărui sursă este tot semnalul supravegheat.

Pentru a nu avea loc acționări la scăderea semnalului supravegheat sub nivelul de stabilizare a redresorului *6*, s-a introdus detectorul de nivel *7*, care în eventualitatea apariției situației relatate, blochează circuitul de execuție *4*. Conform datelor din prospect, această blocare trebuie să intervină la o scădere sub 50 V a tensiunii supravegheate.

Pentru a evita acționarea falsă a releului la apariția unor semnale de frecvență redusă ca urmare a unor regimuri tranzitorii datorate deconectării unor linii, s-a introdus circuitul monostabil *8*. Acesta este reglat corespunzător unei frecvențe de 38 Hz. Ținînd cont de relația $T = 1/f$ (existentă între perioadă și frecvență în curent alternativ), rezultă că circuitul monostabil *8* are o durată a impulsului de $T_3 = 1/38$ s. Deci dacă durata (perioada) semnalului supravegheat T_1 este mai mare decît durata T_3 a circuitului monostabil *8*, atunci este comandat circuitul monostabil *5*, de blocare a funcționării.

Principalele caracteristici ale releului sînt:

— tensiunea de alimentare 100 Vc.a.;
— frecvența nominală 50 Hz;
— domeniul de funcționare 45...50 Hz;
— eroarea maximă față de frecvența reglată: $\pm 0{,}2$ Hz.

În prezent ICEMENERG fabrică releul RFm-4, cu caracteristici superioare releului RFm-3. Schema de conectare în instalație și modul de verificare al acestor relee sînt identice cu cele ale releelor RFm-3.

3.5.2. *Verificarea releului Rfm-3*

Verificarea generală, verificarea izolației și verificarea mecanică se execută conform celor expuse la § 2.2.2.1; § 2.2.2.2; § 2.2.2.3.

3.5.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** Cu ocazia punerilor în funcțiune sau după reparații, se execută:

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj.* Se execută conform schemei din fig. 3.18 desenate cu linie plină, utilizînd:

— un generator de joasă frecvență capabil să furnizeze o tensiune variabilă ca mărime și frecvență;

— un frecvențmetru numeric, cu posibilități de afișare a sutimilor de hertz.

După ce s-a cuplat generatorul de joasă frecvență, acesta trebuie lăsat un anumit timp să se încălzească.

Cînd nu se mai observă variații ale frecvenței date de ge-

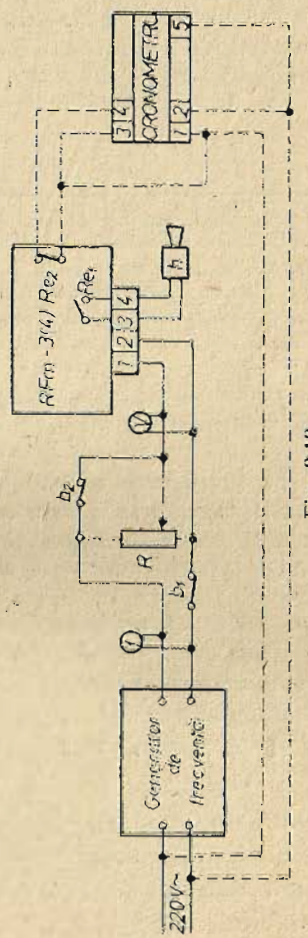


Fig. 3.18.

nerator, se trece la executarea propriu-zisă a verificărilor. Butonul de reglaj al frecvenței de pe releu este fixat în dreptul primei diviziuni a scalei : 45 Hz. Dacă frecvența aplicată este mai mare decît cea înscrisă pe scală, contactul releului RFm-3 trebuie să fie deschis. Scăzînd apoi frecvența aplicată, contactul releului trebuie să se închidă. Toleranța maximă admisibilă Δf_s, dintre valoarea înscrisă pe scală și cea de lucru este de $\pm 0{,}2$ Hz. Operația se repetă în mod identic, pentru fiecare punct de reglaj al scalei, rezultatele sintetizîndu-se într-un tabel (tabelul 3.8). Pentru fiecare punct al scalei, diferența Δf_r dintre frecvența de revenire și cea de acționare nu trebuie să depășească 0,2 Hz.

Tabelul 3.8

Frecvența de scală = f_s [Hz]	45	46	47	48	49	50
Frecvența de lucru = f_l [Hz]						
Frecvența de revenire = f_r [Hz]						
$\Delta f_s = f_s - f_l \leq 0{,}2$ [Hz]						
$\Delta f_r = f_r' - f_l \leq 0{,}2$ [Hz]						

b) *Verificarea dezacționării releului la apariția unor regimuri tranzitorii generatoare de semnale cu frecvențe reduse.* Se utilizează montajul din fig. 3.18, schema desenată cu linie plină. Butonul de reglaj al releului se fixează în dreptul diviziunii de 50 Hz. Se aplică 100 V la bornele releului. Creștem frecvența tensiunii aplicate de la valoarea minimă dată de generator, către valoarea reglată pe releu. Releul este corespunzător din punct de vedere al acestei probe dacă își închide contactul numai pentru frecvențe cuprinse între 38 Hz și valoarea maximă reglată pe scală.

c) *Verificarea dezacționării releului la scăderea tensiunii de alimentare (supravegheate) sub nivelul de stabilizare a releului.*

Folosim montajul din fig. 3.18, schema desenată cu linie plină. Butonul de reglaj al frecvenței îl fixăm în dreptul diviziunii de 50 Hz pe scala releului. Vom aplica tensiuni

între 0 și 50 V, la frecvențe care să nu blocheze funcționarea releului (deci cuprinse între 38 Hz și valoarea reglată pe releu) conform tabelului 3.9.

Tabelul 3.9

Tensiunea aplicată [V]	20			40			48–50		
Frecvența aplicată [Hz]	40	45	50	40	45	50	40	45	50
Releul	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Pentru a fi corespunzător din punct de vedere al acestei probe releul nu trebuie să lucreze pentru nici o valoare a tensiunii sub 50 V, la frecvențe cuprinse în limitele de mai sus.

d) *Verificarea releului de frecvență minimă la întreruperi bruște ale tensiunii de alimentare.*

Se utilizează montajul din fig. 3.18, desenat cu linie plină și linie întreruptă. Re_2 este un contact normal închis al releului de ieșire *Re*.

Se fixează pe releu frecvența la 45 Hz și pe generator la 45,5 Hz.

Tensiunea de alimentare a releului este de 60 V. Se deconectează întreruptorul cu pîrghie b_1. După efectuarea acestei operații, releul poate acționa pentru scurt timp. Durata acestei acționări măsurate cu ajutorul cronometrului nu trebuie să depășească însă 0,1—0,2 s. Se repetă operația alimentînd apoi releul la 110 V, rezultatele trebuind să fie identice.

Se fixează pe releu frecvența la 50 Hz și pe generator la 50,5 Hz. Procedînd ca mai sus, se deconectează bruse întreruptorul cu pîrghie b_1 pentru o tensiune de alimentare a releului de 60 V și apoi de 110 V. În caz că releul *Re* acționează, durata acționării nu trebuie să depășească 0,1—0,2 s.

e) *Verificarea releului de frecvență minimă la variații bruște ale tensiunii de alimentare.*

Pentru efectuarea probei se utilizează întregul montaj desenat în fig. 3.18. *R* este un reostat.

Deconectînd întreruptorul b_2 se reglează cursorul reostatului *R* astfel încît releul de frecvență să fie alimentat

cu 60 V, în condițiile în care tensiunea debitată de generator este de 110 V.

Se fixează pe releu frecvența la 45 Hz și pe generator la 45,5 Hz.

Conectînd și deconectînd brusc întreruptorul b_2 tensiunea la bornele releului va varia între 60 și 110 V. În aceste condiții în caz că releul de ieșire *Re* va acționa, durata acționării nu trebuie să depășească 0,1 0,2 s.

Se repetă apoi operația, fixînd pe releu frecvența la 50 Hz și pe generator, la 50,5 Hz. Procedînd ca mai sus, trebuie să se obțină rezultate identice.

3.5.2.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj.** Se execută pentru valoarea dată prin planul de reglaje în modul prezentat anterior la verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj.

3.6. Releu filtru de tensiune de componentă simetrică inversă FRT-2a

3.6.1. *Principiu de funcționare, caracteristici*

Releul FRT-2a [2] este utilizat pentru protecția instalațiilor energetice împotriva regimurilor nesimetrice, fiind folosit ca protecție de rezervă în schemele generatoarelor, transformatoarelor, liniilor electrice sau în schemele de DASU.

Releul (fig. 3.19) se compune dintr-un organ de măsurare *RT*, alimentat cu o tensiune redresată de la un filtru de tensiuni de succesiune inversă, conceput în schema activ-capacitivă.

În situația cînd în sistemul trifazat care alimentează releul apare o componentă de succesiune inversă, filtrul permite obținerea la bornele *MN* (fig. 3.19) a unei tensiuni proporționale cu valoarea componentei de succesiune inversă aplicate. Această tensiune este redresată și dacă valoarea ei depășește valoarea reglată pe *RT*, releul va acționa.

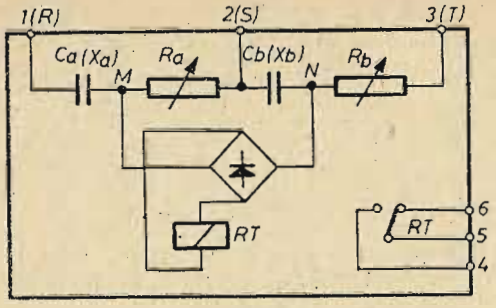


Fig. 3.19.

Principalele caracteristici tehnice ale releului sînt:

— tensiunea nominală 3 × 100 V; 50 Hz;

— domeniul de reglaj a tensiunii de succesiune inversă: 10...20 V;

— consum maxim 125 mA pe fazele *R*, *T* și maxim 170 mA pe faza *S*.

3.6.2. *Verificarea releului*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1; § 2.2.2.2; § 2.2.2.3.

3.6.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** Cu ocazia punerilor în funcțiune sau după reparații se execută:

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj.* Obținerea unei tensiuni de succesiune inversă variabilă ca mărime este dificilă și comportă montaje care de regulă sînt mai greu de realizat în condițiile de teren. De aceea verificarea scalei de reglaj se execută în general utilizînd o tensiune monofazată [3], conform fig. 3.20.

Pentru o verificare corectă trebuie ca releul să lucreze atît în schema de verificare trifazată de succesiune inversă, cît și în schema de verificare monofazată pentru același reglaj de pe scală. Scala fiind etalonată în valori corespunzătoare tensiunii de succesiune inversă, trebuie ca tensiunea

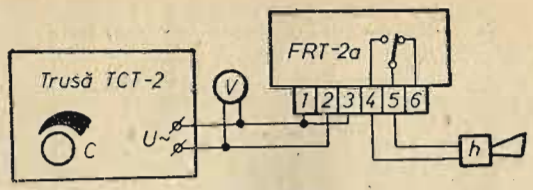


Fig. 3.20.

monofazată aplicată U_m să fie egală cu $\sqrt{3}U_{sc}$, unde U_{sc} reprezintă valoarea de reglaj înscrisă pe scală, corespunzătoare punctului ce se verifică.

Pentru fiecare punct al scalei se determină tensiunea de acţionare şi cea de revenire, rezultatele trecîndu-se într-un tabel (tabelul 3.10).

Tabelul 3.10

U_{scala} [V]	10	12	14	16	18	20
$U_m = \sqrt{3}U_{sc}$						
U_{act} [V]						
U_{rev} [V]						
K						

b) *Verificarea modului de acţionare a releului alimentat cu tensiuni trifazate.* Verificarea se execută utilizînd montajul din fig. 3.21. Tensiunile furnizate de transformatorul 3 × × 380/3 × 100 V pot fi înlocuite de tensiunile obţinute din bucla de măsurare a staţiei.

Se urmăreşte comportamentul releului în cazul aplicării unor tensiuni corespunzătoare situaţiei normale de funcţio-

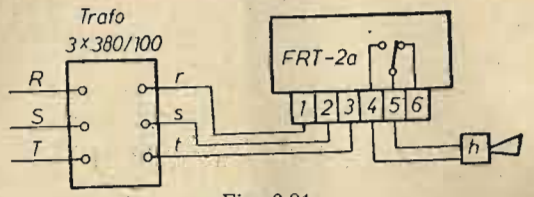


Fig. 3.21.

nare, precum şi în cazul apariţiei unor tensiuni de succesiune inversă, ca urmare a alimentării lui în diverse moduri, conform tabelului 3.11.

Tabelul 3.11

Modul de aplicare a tensiunilor la bornele releului	borne 1	2	3	Starea releului
Succesiune directă	R	S	T	Neacţionat
Succesiune inversă	T	S	R	acţionat
Succesiune inversă	S	R	T	
Succesiune inversă	R	T	S	
Succesiune directă, dar $U_R = 0$	O	S	T	
Succesiune directă, dar $U_S = 0$	R	O	T	
Succesiune directă, dar $U_T = 0$	R	S	O	

Releul este considerat corespunzător din punct de vedere al acestei probe dacă aplicîndu-i la borne tensiuni ca în tabelul 3.11, el se comportă conform indicaţiilor din ultima coloană a aceluiaşi tabel.

3.6.2.2. **Fixarea şi verificarea valorii de reglaj.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valoarea stabilită prin planul de reglaje.

3.7. Releu filtru de curent de componentă simetrică inversă FRC-2a

3.7.1. *Principiu de funcţionare, caracteristici*

Releul FRC-2a [2] este utilizat ca protecţie de rezervă a liniilor de medie tensiune din reţelele cu neutrul izolat sau compensat, împotriva regimurilor nesimetrice. El poate fi folosit de asemenea în unele situaţii ca protecţie de rezervă

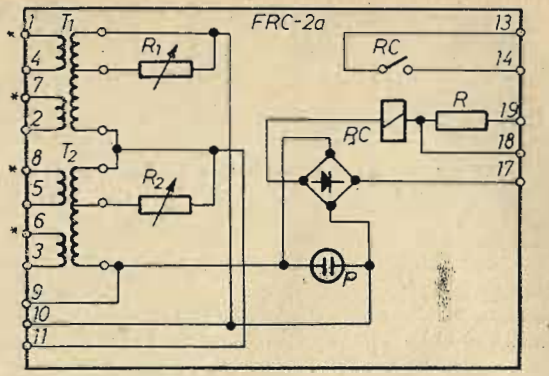


Fig. 3.22.

şi în cazul transformatoarelor, generatoarelor şi motoarelor electrice.

Releul (fig. 3.22) este realizat dintr-un filtru de curent de componentă simetrică inversă, compus din două transformatoare de curent T_1 şi T_2 şi un organ de măsurare, constituit din releul maximal *RC*. Acesta se conectează la tensiunea secundară a filtrului, care este redresată prin intermediul unei punţi cu diode. Pentru protecţia punţii contra supratensiunilor care ar putea apare în diverse regimuri de funcţionare, s-a prevăzut un eclator cu gaz *P*.

În funcţie de elementul ce urmează a fi protejat, releul FRC-2a se conectează în schema cu două, sau cu trei transformatoare de curent.

Pentru protecţia de rezervă a liniilor de medie tensiune, este utilizată schema de conectare la două transformatoare de curent (fig. 3.23). În acest caz releul protejează linia împotriva dublei puneri la pământ prin rezistenţă de trecere, funcţionînd ca filtru combinat de secvenţă inversă şi homopolară.

Pentru protecţia de rezervă a generatoarelor şi transformatoarelor este utilizată schema de conectare la trei transformatoare de curent (fig. 3.24). În acest caz releul protejează generatoarele şi transformatoarele împotriva funcţionării de durată în regim nesimetric, comportîndu-se ca filtru de curent de componentă simetrică inversă.

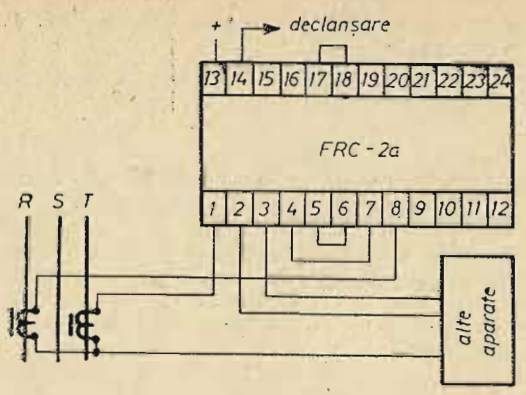


Fig. 3.23.

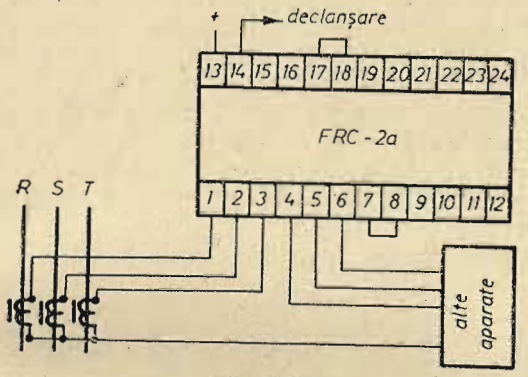


Fig. 3.24.

Corespunzător celor două posibilităţi de conectare a FRC-2a, releul de ieşire este prevăzut cu două scale de reglaj. Astfel, scala notată cu *A* este utilizată în cazul schemei de conectare la trei transformatoare de curent, iar scala notată cu *B* este utilizată în cazul schemei de conectare la două transformatoare de curent.

Valoarea de acţionare a releului *RC* poate fi reglată continuu, prin deplasarea butonului de reglaj. Schimbarea domeniului de măsurare se face prin conectarea unei rezistenţe adiţionale *R* în serie cu înfăşurarea releului (fig. 3.22).

Principalele caracteristici tehnice ale releului FRC-2a sînt :

— curentul nominal : 5 A ;

— domeniul de reglaj al curentului de succesiune inversă este dat în tabelul 3.12 ;

Tabelul 3.12

Schema de conectare	Curentul de lucru [A]	Punți la FRC-2a
Cu trei transformatoare de curent (scala A)	1 ...2 2 ...4	17—18 17—19
Cu două transformatoare de curent (scala B)	0,8...1,8 1,6...3,6	17—18 17—19

— consumul maxim pe fază la curentul nominal :

în schema cu trei transformatoare de curent

— pe fazele R și T : 6 VA

— pe faza S : 12 VA

în schema cu două transformatoare de curent

— pe fazele R și T : 12 VA ;

— curentul de acționare de succesiune directă la reglaj minim (0,8 sau 1 A, conform schemei de conectare folosite) minimum $3I_n$;

— curentul primar maxim admisibil : $20I_n$ timp de 1 s.

3.7.2. *Verificarea releului RFC-2a*

Verificarea generală, verificarea izolației și verificarea mecanică se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

3.7.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.** Cu ocazia punerilor în funcțiune sau după reparații se execută :

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj.* Deoarece verificarea releului FRC-2a cu un sistem variabil de curenți trifazați este în general dificilă în condițiile de teren, în cele ce urmează se va prezenta modul de verificare a scalei de reglaj utilizînd curent monofazat (fig. 3.25)

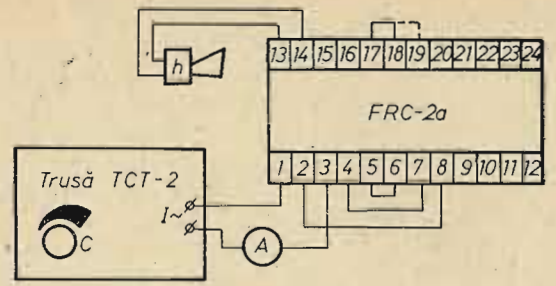


Fig. 3.25.

În șirul de cleme al releului, se efectuează punțile *5—6* ; *4—7* ; *2—8*, ceea ce face ca înfășurările primare ale transformatoarelor T_1 și T_2 să fie înseriate. Se alimentează releul la clemele *1—3*, cu un curent alternativ variabil.

Efectuînd puntea *17—18*, se verifică dacă releul de măsurat acționează pentru fiecare punct al scalei B, cu o eroare de maxim 5% din valoarea respectivă.

Se repetă verificarea mutîndu-se puntea la clemele *17—19*. Eroarea nu trebuie să depășească în acest caz, $\pm 7{,}5\%$ din valoarea înscrisă pe scala B. Rezultatele probei se trec într-un tabel (tabelul 3.13).

Tabelul 3.13

Scala B	Punte 17—18	Valori scală	0,8 1,8
		Valori măsurate	
		Eroare măsurare	
	Punte 17—19	Valori scală	1,8 3,6
		Valori măsurate	
		Eroare măsurare	

b) *Verificarea conectării corecte în instalație.* Pentru o funcționare corespunzătoare, FRC-2a trebuie să fie alimentat cu un sistem trifazat de curenți de succesiune directă (R, S, T). În cazul unei conectări corecte și avînd un curent

de sarcină de minim 1,5 ÷ 2 A, trebuie ca : $U_{9-11} = U_{10-11}$ iar $U_{9-10} = 0$; U_{9-11} ; U_{10-11} și U_{9-10} reprezintă tensiunile măsurate la bornele *9—11; 10—11* și *9—10*.

Datorită nesimetriei curenților de sarcină sau datorită erorilor filtrului, se admite că releul este montat corect, dacă U_{9-11} și U_{10-11} nu diferă cu mai mult de 5% una de alta, iar U_{9-10} este cel mult 5% din valoarea cea mai mare a tensiunilor U_{9-11} sau U_{10-11}.

c) *Verificarea modului de funcționare a releului FRC-2a, alimentat cu curenți trifazați.* Cu releul conectat în circuitul de protecție (fig. 3.23 sau fig. 3.24), releul nu trebuie să acționeze. Inversînd curenții a două faze, releul trebuie să acționeze, deoarece este alimentat cu un sistem de curenți de succesiune inversă.

O atenție deosebită trebuie acordată în acest caz modului cum se efectuează inversarea curenților, pentru a nu lăsa secundarele transformatoarelor de curent în gol.

Inversarea curenților se face pentru toate combinațiile posibile.

3.7.2.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj.** Se execută în modul prezentat anterior la verificarea etalonării scalei pentru valoarea stabilită prin planul de reglaje.

3.8. Releu cu caracteristică limitat dependentă RTpC-1

3.8.1. *Principiu de funcționare, caracteristici*

Releul RTpC-1 este un releu de inducție cu spiră în scurtcircuit.

Echipajul mobil al releului este un disc de aluminiu *D* (fig. 3.26), care se poate roti în jurul axului *A*, în întrefierul electromagnetului *E*. Prin construcție, fiecare pol al electromagnetului a fost secționat în două părți. Pe una din părți el are montată o spiră în scurtcircuit *(Sp.sc.1* sau *Sp.sc.2)*, cealaltă rămînînd liberă.

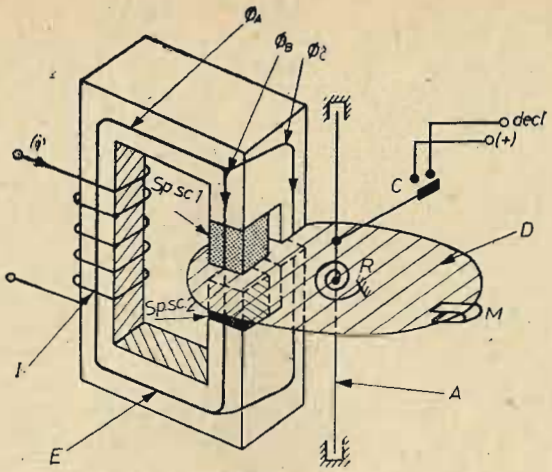


Fig. 3.26.

La trecerea unui curent prin bobina *I* a releului, apare un flux Φ_A, care se desparte în două, Φ_B și Φ_C. Fluxul Φ_B trece prin porțiunea de întrefier ce conține spire în scurtcircuit, iar Φ_C, prin porțiunea ce nu conține spire în scurtcircuit.

Fluxurile Φ_B și Φ_C sînt decalate între ele cu un anumit unghi α și dau naștere la două tensiuni electromotoare E_B și E_C (fig. 3.27), defazate cu 90° în urma fluxurilor ce le-au produs.

Tensiunile electromotoare E_B și E_C produc în discul *D* curenții turbionari I_B și I_C (fig. 3.28). Acești curenți creează

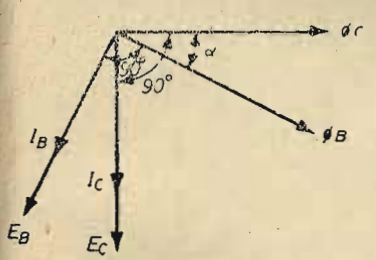


Fig. 3.27.

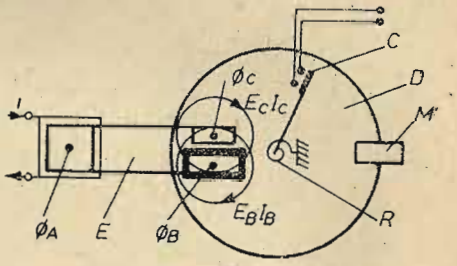


Fig. 3.28.

un cuplu de rotație M_{rot}, care poate fi exprimat prin relația $M_{rot} = KI^2$, unde K este o constantă.

Cuplului de rotație i se opune un cuplu antagonist M_{ant}, creat de un magnet permanent de frînare M, de un resort antagonist R și de frecările din lagăre.

Cînd $M_{rot} > M_{ant}$, discul se rotește și închide contactul G (fig. 3.26 și fig. 3.28).

În realizare practică releul RTpC-1 se prezintă ca în fig. 3.29.

În afara elementului de inducție, a cărui funcționare a fost prezentată mai sus, releul RTpC-1 mai conține și un element electromagnetic, care, pentru o anumită valoare a curentului de acționare, poate închide contactul releului în mod instantaneu.

Releul funcționează astfel: bobina *1* dă naștere unui flux magnetic care se închide prin circuitul magnetic *2*. Va-

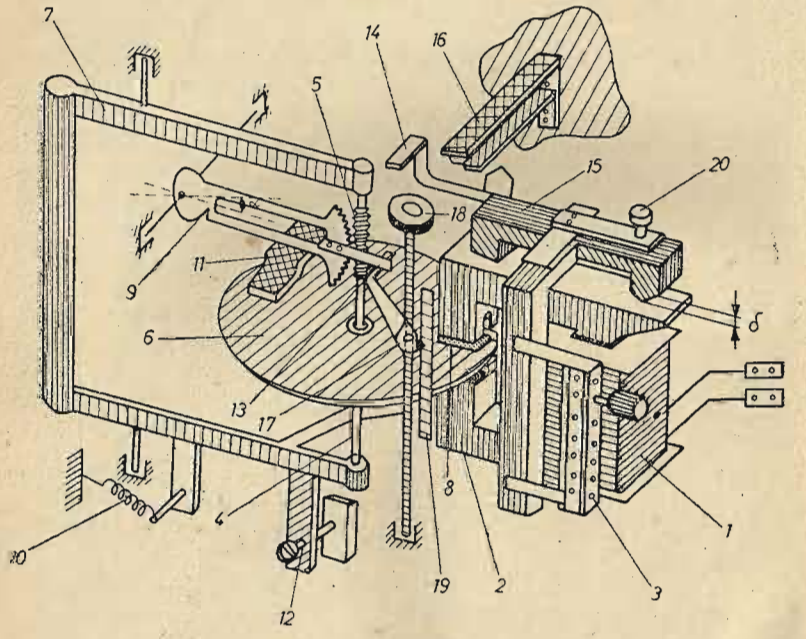


Fig. 3.29.

loarea acestui flux este proporțională cu curentul de acționare care se reglează prin sistemul de prize *3*. Pe axul *4*, care conține șurubul fără sfîrșit *5*, este montat discul de aluminiu *6*. Acesta începe să se rotească în momentul în care bobina *1* este străbătută de un curent egal cu aproximativ 15% din valoarea reglată prin sistemul de prize *3*. În momentul cînd prin bobina *1* trece un curent mai mare decît valoarea reglată, discul *6* este atras în interiorul întrefierului *8* împreună cu cadrul *7*, învingînd opoziția resortului antagonist *10*, a frecărilor și cea a magnetului *11*. Acest lucru face ca sectorul dințat *9* să se angreneze cu șurubul fără sfîrșit *5*, care rotindu-se, antrenează la rîndul lui sectorul dințat în sus, astfel că la un moment dat acesta lovește cu pîrghia *13*, în lamela *14* a părții mobile *15* a electromagnetului. La rîndul ei lamela *14*, deplasîndu-se în sus, închide contactul *16* al releului.

Caracteristica de acționare a releelor RTpC-1 este prezentată în fig. 3.30.

Porțiunea dependentă de curent a caracteristicii de acționare a releului depinde de viteza de rotație a discului (deci de mărimea curentului ce străbate bobina *1*) și de unghiul α pe care-l face cu orizontala, sectorul dințat *9*. Unghiul α și implicit temporizarea înscrisă pe scala *19* se reglează cu ajutorul șurubului *18*, care, prin intermediul opritorului *17*, permite deplasarea în sus sau în jos a lamelei *13*, solidară cu sectorul dințat *9*.

Porțiunea independentă de curent a caracteristicii de timp a releului (fig. 3.30) apare cînd prin bobina *1* trec curenți de valori foarte mari, care produc fluxuri puternice. În această situație capătul din dreapta al armăturii mobile *15* este atras brusc în jos, iar lamela *14*, solidară cu armătura mobilă *15*, închide fără temporizare contactul *16*. Se realizează astfel „tăierea rapidă de curent", RTpC-1 funcționînd după principiul

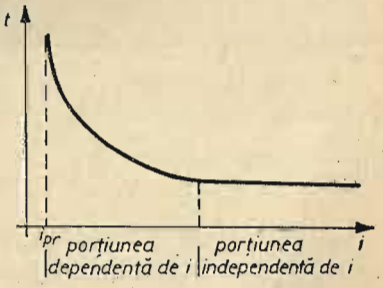


Fig. 3.30.

releelor electromagnetice. Valoarea curentului de tăiere rapidă poate fi reglată cu ajutorul şurubului *20*, care măreşte sau micşorează întrefierul δ. Pe poziţia ∞ a şurubului *20*, datorită măririi excesive a întrefierului δ, nu mai are loc acţionarea la „tăiere rapidă de curent".

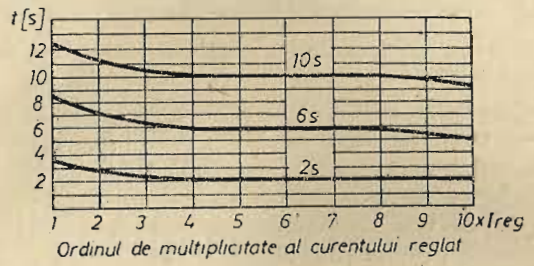
Principalele caracteristici tehnice [1 ; 5 ; 9] ale releului RTpC-1 sînt :

— curentul de acţionare reglabil în trepte de : 2,5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 A ;

— temporizarea 2...10 s ;

— curbele de variaţie a temporizării în funcţie de curent sînt date în tabelul 3.14 ;

Tabelul 3.14



— în tabelul 3.15 sînt indicate abaterile admisibile ale temporizării, pentru un anumit multiplu al curentului de acţionare reglat ;

Tabelul 3.15

Multiplul curentului reglat	1	4	5	10
Abateri admisibile ale temporizării	+25 ÷ +50%	+2%	0%	−3,5%

— în tabelul 3.16 sînt indicate abaterile admisibile în cazul acţionării rapide a elementului electromagnetic „tăierea rapidă de curent") ;

Tabelul 3.16

Multiplul curentului	2	4	6	8
Abateri admisibile	±15%	±18%	±20%	±20%

— coeficientul de revenire al sistemului de inducţie $K_{rev} = 0{,}75 \div 0{,}85$;

— coeficientul de revenire al sistemului electromagnetic $K_{rev} = 0{,}4$;

— consumul propriu 30 VA.

3.8.2. *Verificarea releului RTpC-1*

Verificarea generală, verificarea mecanică şi verificarea izolaţiei se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1, § 2.2.2.2 şi § 2.2.2.3.

3.8.2.1. **Verificarea generală a modului de funcţionare.** La puneri în funcţiune sau după reparaţii, se execută :

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei pentru reglajul curentului de acţionare.* Se execută cu ajutorul montajului din fig. 3.31.

Cu trusa deconectată şi mînerul *C* de reglaj al curentului în poziţia minimă, se fixează pe releu curentul de acţionare la prima diviziune a scalei (2,5 A). Butonul *20* (fig. 3.29) se aşază în poziţia ∞.

Se conectează trusa şi se creşte încet curentul. Cînd se ajunge la valoarea de 0,35 ÷ 0,40 A (aproximativ 15% din valoarea reglată) discul trebuie să înceapă să se rotească

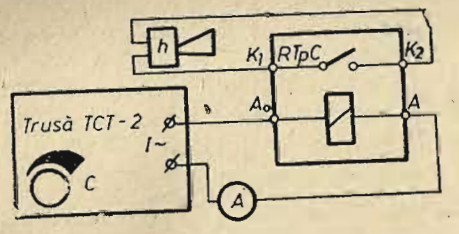


Fig. 3.31.

ușor. Creștem în continuare curentul și se notează valoarea la care șurubul fără sfîrșit *5* angrenează cu sectorul dințat *9*. Această valoare reprezintă curentul de acționare I_a. Se mărește în continuare valoarea curentului cu 10 ÷ 15% din valoarea reglată. Se scade apoi curentul, notînd valoarea I_r la care are loc desprinderea șurubului fără sfîrșit *5* de sectorul dințat *9*. Se repetă pentru fiecare punct al scalei de reglaj aceeași operație, rezultatele sintetizîndu-se într-un tabel (tabelul 3.17). Coeficientul de revenire, trebuie să fie 0,75 ÷ 0,85.

Tabelul 3.17

i scală [A]	2,5	3	4	5	6	8	10
I_a [A]							
I_r [A]							
K							

b) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj pentru „curentul de tăiere rapidă"*. Se execută folosind același montaj ca mai sus. Înaintea începerii verificărilor se blochează mecanic cadrul 7, pentru ca șurubul fără sfîrșit *5* să nu mai angreneze sectorul dințat *9*.

Pentru a nu fi nevoiți să utilizăm curenți de valori mari care nu ar putea fi debitați de trusa curent-tensiune, vom folosi prima diviziune a scalei pentru reglajul curentului de acționare (2,5 A).

Butonul de reglaj al „curentului de tăiere rapidă" se fixează în dreptul multiplului 2 al curentului de acționare. Valoarea I_a a curentului la care va trebui să acționeze releul la „tăiere rapidă" va fi de 2 × 2,5 A = 5 A. Se măsoară mai întîi valoarea de acționare I_a și apoi valoarea de revenire I_r la care are loc acționarea elementului electromagnetic *15*. Se repetă operația pentru fiecare punct al scalei „curentului de tăiere rapidă". Rezultatele se trec într-un tabel (tabelul 3.18). Coeficientul de revenire trebuie să fie aproximativ 0,4.

Tabelul 3.18

Multiplul *n* al curentului de acționare	2	4	6	8	∞
Valoarea de acționare [A] (2,5 A × *n*)	5	10	15	20	—
I_a [A]					
I_r [A]					
K					

Cu butonul reglat în dreptul diviziunii ∞, nu trebuie să se mai producă acționarea indiferent de valoarea curentului. Abaterile nu trebuie să depășească valorile date în tabelul 3.16.

c) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj a temporizării releului RTpC-1*. Utilizăm montajul din fig. 3.32. Butonul pentru reglajul „curentului de tăiere rapidă" se fixează pe poziția ∞. Din considerentele expuse mai sus, pentru reglajul curentului de pornire se utilizează tot diviziunea de 2,5 A. Temporizarea se fixează în dreptul diviziunii 2 s.

Se urmărește verificarea caracteristicilor $t = f(I)$ din tabelul 3.14. Pentru aceasta se deconectează unul din con-

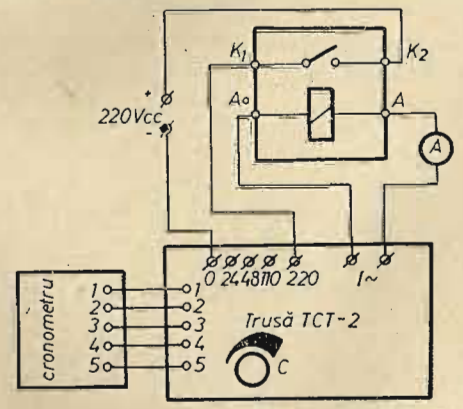


Fig. 3.32.

ductoarele ce sînt legate la bornele K_1 sau K_2 și se reglează curentul de acționare la valoarea :

$$1 \times I_{regl} = 1 \times 2{,}5 \text{ A} = 2{,}5 \text{ A}.$$

Se reface montajul și conectînd trusa, se măsoară temporizarea acționării. Se repetă succesiv operația pentru $2 \times I_{regl} \ldots 10 \times I_{regl}$.

Se fixează apoi temporizarea la 6 s și apoi la 10 s, făcîndu-se aceleași măsurări. Rezultatele se trec într-un tabel (tabelul 3.19).

Tabelul 3.19

Multiplul curentului reglat / Temporizarea fixată	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
2 s										
6 s										
10 s										

Datele din tabelul de mai sus trebuie să corespundă cu cele înscrise pe caracteristicile din tabelul 3.14, cu abaterile admisibile date în tabelul 3.15.

3.8.2.2. **Fixarea și verificarea valorilor de reglaj.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valorile stabilite prin planul de reglaje.

4. Verificarea releelor a căror acționare depinde de variația a doi sau mai multor parametri de intrare

4.1. Relee direcționale

4.1.1. *Generalități*

Releele direcționale acționează sub influența a două mărimi, curentul și tensiunea. Ele controlează sensul puterii în circuitul supravegheat și sînt folosite în cadrul protecțiilor maximale de curent direcționate sau în componența unor relee complexe, cum ar fi cele de distanță.

La noi în țară sînt utilizate cu precădere două tipuri de relee direcționale :

— relee de inducție cu două înfășurări și rotor cilindric, de producție sovietică ;

— relee cu elemente statice de producție românească.

4.1.2. *Relee direcționale cu rotor cilindric. Principiu de funcționare, caracteristici*

Releele direcționale de inducție [10] sînt compuse din : circuitul magnetic cu poli aparenți *1*, bobina de curent *2*, bobina de tensiune *3* și rotorul cilindric din aluminiu *4*, care are în interior un miez feromagnetic *5* (fig. 4.1).

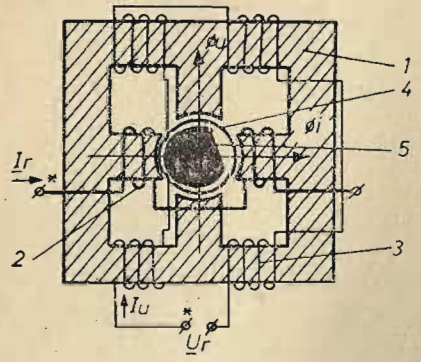


Fig. 4.1.

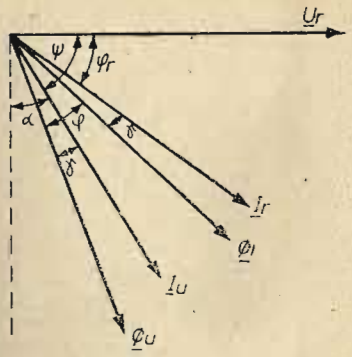


Fig. 4.2.

Dacă bobina de curent este străbătută de curentul I_r, va lua naștere în circuitul magnetic, fluxul $\underline{\Phi}_i$. În mod analog, tensiunea $\underline{U}_r$ de la bornele bobinei de tensiune, va da naștere în aceasta, curentului $\underline{I}_u$ și implicit fluxului $\underline{\Phi}_u$, în circuitul magnetic.

În fig. 4.2, s-a reprezentat diagrama fazorială a mărimilor care intervin în funcționarea releului direcțional de inducție. Tensiunea $\underline{U}_r$ a fost luată ca origine de fază. Curentul $\underline{I}_r$ din bobina de curent este decalat în urma tensiunii cu unghiul φ_r.

Curentul $\underline{I}_u$ produs de tensiunea $\underline{U}_r$ în bobina de tensiune este decalat în urma tensiunii $\underline{U}_r$ cu unghiul ψ.

Pierderile din circuitul magnetic fac ca fluxurile $\underline{\Phi}_i$ și $\underline{\Phi}_u$ să fie decalate cu același unghi γ față de curenții $\underline{I}_r$ și $\underline{I}_u$.

Fluxurile $\underline{\Phi}_i$ și $\underline{\Phi}_u$ induc în cilindrul *4* forțele electromotoare $\underline{E}_i$ și $\underline{E}_u$, decalate cu 90° în urma fluxurilor care le produc.

Aceste tensiuni dau naștere în cilindrul de aluminiu, la curenții $\underline{I}_{Ei}$ și $\underline{I}_{Eu}$. Din interacțiunea fluxurilor $\underline{\Phi}_i$ și $\underline{\Phi}_u$, cu curenții $\underline{I}_{Ei}$ și $\underline{I}_{Eu}$, ia naștere un moment de rotație a cărui expresie este :

$$M_{rot} = K \mid \underline{I}_r \mid \mid \underline{U}_r \mid \sin \varphi \qquad (4.1)$$

unde K este o constantă, iar φ — decalajul dintre cele două fluxuri $\underline{\Phi}_i$ și $\underline{\Phi}_u$.

Din fig. 4.2 se observă că :

$$\varphi_r = \psi - \varphi_r \qquad (4.2)$$

Notînd cu α complementul unghiului ψ, relația (4.1) devine :

$$M_{rot} = K \mid \underline{I}_r \mid \mid \underline{U}_r \mid \cos(\varphi_r + \alpha) \qquad (4.3)$$

— Dacă $M_{rot} > 0$, releul tinde să-și închidă contactul.
— Dacă $M_{rot} < 0$, releul tinde să se rotească în sens invers închiderii contactului.

Deci pentru a se produce acționarea releului, trebuie să fie îndeplinită condiția :

$$M_{rot} > 0 \qquad (4.4)$$

În expresia (4.3), α este un unghi care depinde de caracteristicile constructive ale releului, avînd valoarea constantă.

El se numește *unghiul interior al releului direcțional.*

φ_r este un unghi variabil, egal cu decalajul dintre curentul și tensiunea aplicată la borne.

Pentru ca momentul de rotație al rotorului cilindric să fie maxim, trebuie ca în expresia (4.3) să avem îndeplinită condiția :

$$\cos(\varphi_r + \alpha) = 1 \qquad (4.5)$$

ceea ce implică

$$\varphi_r + \alpha = 0 \qquad (4.6)$$

sau

$$\varphi_r = -\alpha \qquad (4.7)$$

Din expresia (4.3), rezultă că la valori constante ale tensiunii $\underline{U}_r$ și curentului $\underline{I}_r$ aplicate releului, rolul determinant în obținerea unui cuplu de rotație maxim revine decalajului φ_r dintre $\underline{U}_r$ și $\underline{I}_r$.

Unghiul φ_r care satisface condiția (4.7) se numește *unghiul de sensibilitate maximă al releului direcțional.*

Relația (4.3) este de fapt expresia unei puteri. Pentru unghiul de sensibilitate maximă al releului direcțional, relația (4.3) devine :

$$M_{rot} = K \mid \underline{I}_r \mid \mid \underline{U}_r \mid = K S_{p.r.min.} \qquad (4.8)$$

unde $S_{p.r.min.}$ este puterea minimă de acționare a releului.

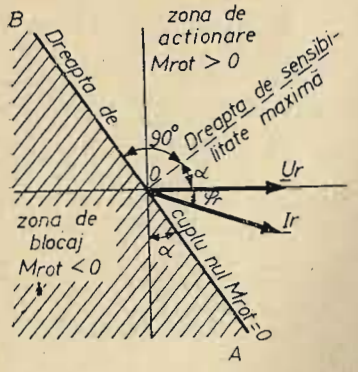


Fig. 4.3.

În practică pentru a fi folosite eficient, este necesar ca releele direcționale să fie astfel alese și incluse în cadrul schemelor de protecție, încît în caz de defect, curenții și tensiunile cu care se alimentează releul să aibă decalajul $\varphi_r = -\alpha$.

Ținînd cont că unghiurile pozitive se măsoară conform convențiilor de la curent spre tensiune în sens trigonometric în fig. 4.3 este prezentă diagrama de acționare a unui releu direcțional a cărui ecuație de funcționare este dată de relația (4.3).

Pentru $\varphi_r = -\alpha$, se obține sensibilitatea maximă a releului.

Dacă fazorul $\underline{I}_r$ este decalat spre semidreapta OA sau OB, scade valoarea cuplului M_{rot}, acesta ajungînd la valoarea 0 cînd $\underline{I}_r$ se suprapune peste semidreptele OA sau OB, caz în care φ_r ia valorile :

$$\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \text{ sau } \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right).$$

Dacă fazorul $\underline{I}_r$ se găsește în zona hașurată ($M_{rot} < 0$), nu se produce acționarea releului.

Cînd se cunoaște diagrama de acționare a unui releu, putem obține unghiul de sensibilitate maximă pe cale grafică, ridicînd din originea axelor de coordonate o perpendiculară pe dreapta de cuplu nul, în semiplanul de acționare (fig. 4.3).

În tabelul 4.1, sînt indicate principalele caracteristici tehnice ale releelor de inducție de fabricație sovietică din seria РБМ 170 ÷ 270.

Tabelul 4.1

Tipul releului	Curent nominal [A]	Unghiul de sensibilitate maximă	Puterea minimă de acționare la unghiul de sensibilitate maximă [VA]	Consumul în circuitul de tensiune [VA]	Consumul în circuitul de curent [VA]	Timpul minim de acționare [s]
РБМ-171/1	5	−30°±5°	3	40	10	0,04
		−45°±5°	4	35		
РБМ-171/2	1	−30°±5°	0,6	40	10	0,04
		−45°±5°	0,8	35		
РБМ-271/1	5	−30°±5°	3	40	10	0,04
		−45°±5°	4	35		
РБМ-271-2	1	−30°±5°	0,6	40	10	0,04
		−45°±5°	0,8	35		
РБМ-177/1	5	+70°±5°	3	35	10	0,04
РБМ-177/2	1	+70°±5°	0,6	35	10	0,04
РБМ-277/1	5	+70°±5°	3	35	10	0,04
РБМ-277/2	1	+70°±5°	0,6	35	10	0,04
РБМ-178/1	5	+70°±5°	1	90	10	0,05
РБМ-178/2	1	+70°±5°	0,2	90	10	0,05
РБМ-278/1	5	+70°±5°	1	90	10	0,05
РБМ-278/2	1	+70°±5°	0,2	90	10	0,05

4.1.3. *Relee direcționale cu elemente statice tip RDC-3. Principiu de funcționare, caracteristici*

Releul direcțional cu elemente statice RDC-3 [1, 2] funcționează după principiul „balanței electrice". El determină semnul funcției :

$$M = |\underline{i} + \underline{u}| - |\underline{i} - \underline{u}|, \qquad (4.9)$$

unde $\underline{i}$ și $\underline{u}$ sînt mărimi care se obțin în secundarele transformatorului de curent T_1 și transformatorului de tensiune T_2 (fig. 4.4). Ele sînt proporționale cu curentul $\underline{I}$ și tensiunea $\underline{U}$ care se aplică la bornele releului.

În fig. 4.4, se observă că puntea redresoare P_1 este alimentată cu mărimea $\underline{u} + \underline{i}$, în timp ce puntea redresoare P_2 este alimentată cu mărimea $\underline{u} - \underline{i}$. Se obțin astfel doi curenți redresați i_{p1} și i_{p2} care acționează în sensuri contrare asupra releului *RP*.

Cînd :

— $i_{p1} > i_{p2}$, deci : $|\underline{i} + \underline{u}| > |\underline{i} - \underline{u}|$, releul acționează. (4.10)

— $i_{p1} < i_{p2}$, deci $|\underline{i} + \underline{u}| < |\underline{i} - \underline{u}|$, releul nu acționează (4.11)

Pentru valori constante ale curentului și tensiunii aplicate la bornele releului, semnul funcției M depinde de unghiul φ dintre $\underline{I}$ și $\underline{U}$ și de unghiul interior α.

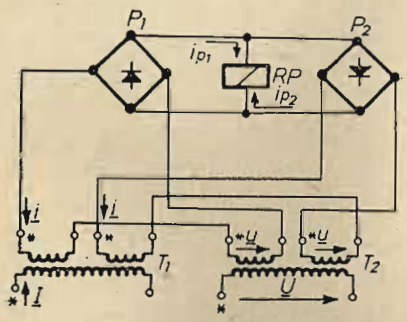


Fig. 4.4.

La releul RDC-3 unghiul de sensibilitate maximă poate avea valorile 30°; 45° și 110° capacitiv, în funcție de reglajul ales.

Principalele caracteristici tehnice ale releului sînt :

— curentul nominal : $I_n = 5$ A ;

— tensiunea nominală ; $U_n = 100$ V ;

— tensiunea de alimentare (comutabilă) : 24 ; 28 ; 110 ; 220 Vcc ;

— tensiunea minimă de acționare la unghiul de sensibilitate maximă și I_n : 0,2 V ;

— puterea minimă de acționare la unghiul de sensibilitate maximă și I_n : 1 VA ;

— timpul maxim de acționare la I_n și 1,5% U_n : 50 m/s ;

— curentul admisibil de durată : $1{,}5 I_n$;

— curentul maxim admisibil : $20 I_n$, timp de 1 s ;

— tensiunea admisibilă de durată : $1{,}2 U_n$;

— variația admisibilă a tensiunii continue de alimentare este cuprinsă între $0{,}7 \ldots 1{,}1 U_n$;

— Consumul maxim :

  — în circuitul de curent alternativ : 2 VA ;

  — în circuitul de tensiune alternativă : 15 VA ;

  — în circuitul de curent continuu :

    — 40 mA în repaus

    — 60 mA acționat ;

— Releul are un contact comutabil (NI + ND) :

  — curentul de închidere : maxim 10 A ;

  — curentul de durată : 5 A ;

  — curentul de deschidere :

    — 0,4 A la 220 Vcc

    — 0,1 A la 220 Vca $\left(\frac{L}{R} = 0{,}005\right)$.

Caracteristicile de acționare pot avea diverse forme, în funcție de unghiul de sensibilitate maximă ales (fig. 4.5).

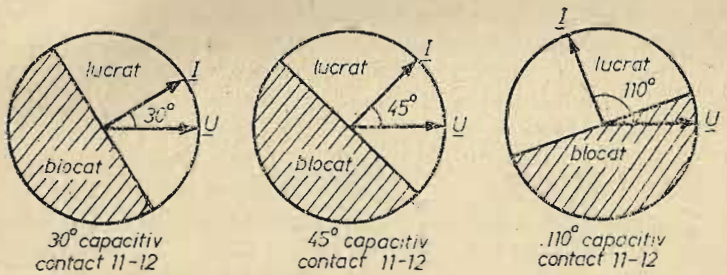


Fig. 4.5.

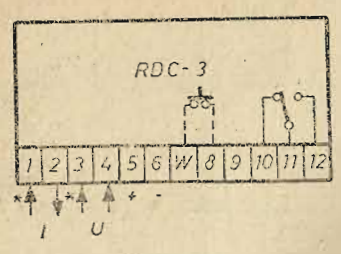


Fig. 4.6.

— Unghiurile $\varphi = 30°$ și $\varphi = 45°$ se folosesc pentru protecția maximală direcționată împotriva scurtcircuitelor între faze ;

— unghiul $\varphi = 110°$ este utilizat pentru protecția maximală homopolară direcționată.

În fig. 4.6 sînt prezentate bornele releului RDC-3.

Prin șuntarea bornelor *W* și *8*, se verifică funcționarea corectă a blocului electronic de execuție al releului.

4.1.4. *Verificarea releelor direcționale*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

4.1.4.1. **Verificarea generală a modului de funcționare.**

a) *Determinarea diagramei de acționare.* Diagrama de acționare a releelor direcționale se obține variind unghiul de defazaj dintre curentul și tensiunea aplicată la bornele releului (între 0° și 360°) și notînd unghiurile pentru care are loc închiderea sau deschiderea contactelor lui.

Indiferent de montajul utilizat, trebuie respectate cu strictețe polaritățile din schemele indicate mai jos.

Pentru trusa curent-tensiune, borna polarizată de curent se determină conform celor prezentate la § 1.3, avîndu-se grijă ca ștecherul trusei să se conecteze cu borna marcată (polarizată), la faza rețelei de alimentare.

Pentru decalorul monofazat de tensiune, bornele polarizate sînt cele indicate în fig. 4.7 sau fig. 4.13, cu condiția ca el să fie alimentat cu un sistem de tensiuni trifazat de succesiune directă.

Măsurarea defazajelor se poate face în mai multe moduri :

a.1) Măsurarea defazajelor cu ajutorul cosfimetrului monofazat. Pentru efectuarea măsurărilor, se utilizează montajul din fig. 4.7.

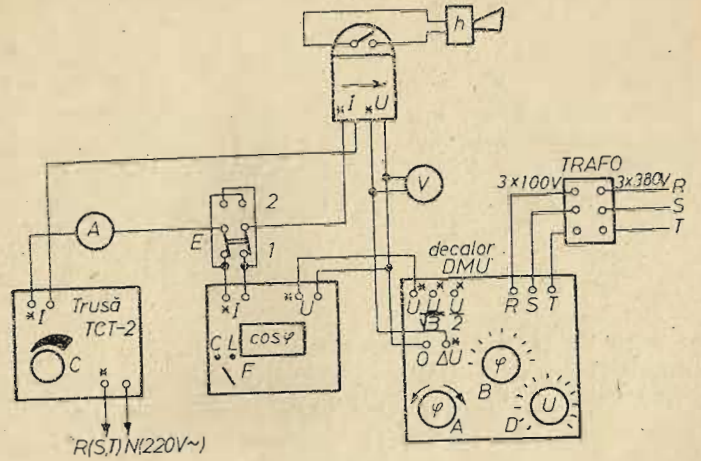


Fig. 4.7.

Înainte de conectarea la rețea, mînerul *C* al trusei TCT-2 și mînerul *D* al decalorului trebuie să fie pe poziție minimă. Se conectează trusa, reglîndu-se un curent de 5 A (1 A). Alimentînd decalorul, se reglează cu ajutorul mînerului *D*, o tensiune de 100 V. Inversorul de sens *E* se află așezat pe poziția *1*, iar comutatorul *F* al cosfimetrului, pe poziția inductiv (notată cu *L* sau *IND*).

Așezînd mînerul *A* al decalorului în poziție mijlocie, se manevrează comutatorul *B*, de alegere a domeniului de măsurare a unghiului, pînă cînd acul cosfimetrului atinge o deviație intermediară. Se lasă comutatorul *B* în această poziție și manevrîndu-se mînerul *A*, se încearcă aducerea acului cosfimetrului în dreptul diviziunii 1, corespunzătoare defazajului de 0° (manevrînd dacă este necesar și asupra lui *B*). Deoarece se decalează tensiunea, se ia ca origine de fază curentul.

Pentru a ridica caracteristica de acționare a releelor direcționale se decalează în mod continuu tensiunea, în sensul creșterii unghiului de defazaj inductiv, manevrînd asupra mînerului *A* și, cînd este cazul, asupra lui *B*. Aceasta se traduce prin deplasarea acului cosfimetrului către valoa-

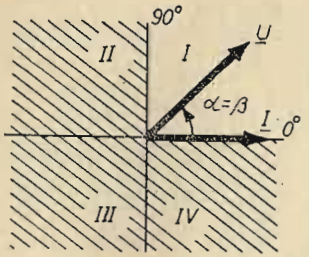


Fig. 4.8.

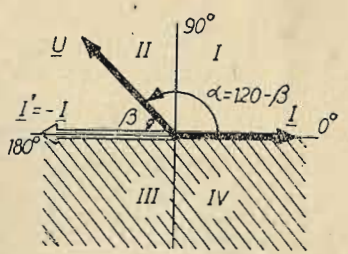


Fig. 4.9.

rea zero de pe scală, care corespunde la $\beta = 90°$ (decalaj inductiv între curent și tensiune), fig. 4.8.

Unghiul β, corespunzător unui anumit cos β din intervalul $0°—90°$, se determină din tabele.

Pentru a măsura unghiuri între 90° și 180° (fig. 4.9), se trece inversorul E pe poziția *2* și comutatorul de alegere a modului de măsurare de pe cosfimetru, pe poziția capacitiv (C). Acționînd asupra mînerelor A și B, se deplasează acul cosfimetrului de la valoarea 0 corespunzătoare unghiului de 90°, către valoarea 1, corespunzătoare unghiului de 180°.

În diagrama din fig. 4.9, s-a reprezentat curentul $I' = -I$, care se aplică prin intermediul inversorului de sens E, cosfimetrului. Curentul I circulă prin releul direcțional. Se observă că în timp ce releului i se aplică un defazaj $\alpha > 90°$, între curent și tensiune, la cosfimetru se măsoară unghiul $\beta < 90°$.

Din fig. 4.9, rezultă unghiul de defazaj α dintre tensiunea și curentul aplicate releului, în funcție de unghiul β măsurat la cosfimetru, utilizînd relația :

$$\alpha = 180 - \beta$$

Pentru a măsura unghiuri în intervalul $180° \div 270°$ (fig. 4.10), se trece comutatorul F pe poziția L (inductiv) și acționînd asupra mînerelor A și B ale decalorului, se deplasează acul cosfimetrului de la valoarea 1, corespunzătoare unghiului de 180°, la valoarea 0, corespunzătoare unghiului de 270°.

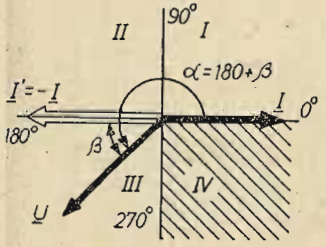


Fig. 4.10.

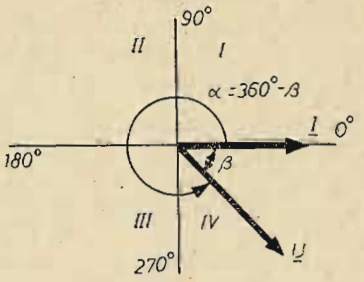


Fig. 4.11.

Așa cum se observă în fig. 4.10, defazajul α între curentul și tensiunea aplicate releului este :

$$\alpha = 180 + \beta,$$

unde β este unghiul măsurat la cosfimetru.

Pentru a măsura unghiuri în intervalul $270° \div 360°$ (fig. 4.11), comutatorul F se trece pe poziția capacitiv (C), iar inversorul de sens E, pe poziția *1*. Acționînd asupra mînerelor A și B, se deplasează acul cosfimetrului de la valoarea 0, corespunzătoare unghiului de 270°, la valoarea 1, corespunzătoare unghiului de 360°. Așa cum rezultă din fig. 4.11, decalajul dintre curentul și tensiunea aplicate releului va fi :

$$\alpha = 360° - \beta,$$

unde β este unghiul măsurat la cosfimetru.

Pentru a ridica diagrama de acționare a releului direcțional, este deci suficient ca atunci cînd se decalează tensiunea, să se noteze, începînd de la defajazul de 0° către cel de 360°, pozițiile contactului releului, precum și valoarea unghiului de defazaj pentru care are loc închiderea sau deschiderea contactului.

Pentru un releu direcțional de tip RDC-3, utilizînd montajul din fig. 4.7, care decalează tensiunea, se obțin diagramele din fig. 4.12.

Utilizînd montajul din fig. 4.13, în care s-a folosit transformatorul suplimentar T, se poate decala curentul luîndu-se ca origine de fază tensiunea. În această situație diagrama

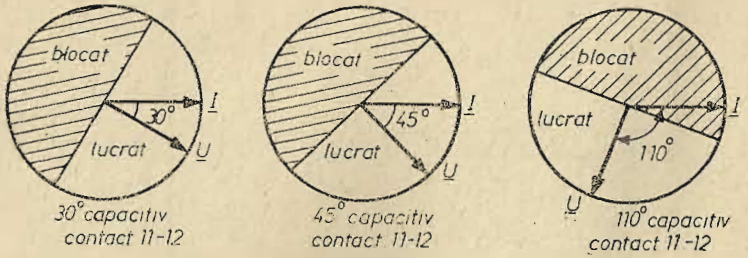


Fig. 4.12.

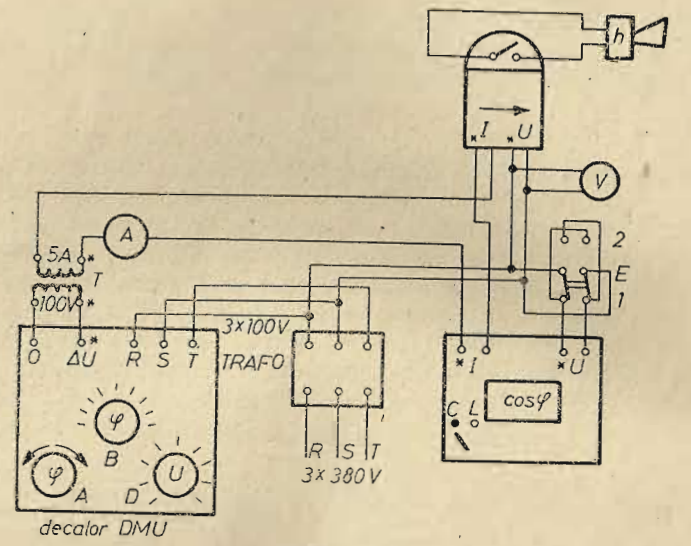


Fig. 4.13.

de acționare care rezultă în urma măsurărilor, trebuie să coincidă cu cea indicată de fabrica constructoare pentru releul respectiv (pentru releul tip RDC-3 — fig. 4.5).

Pentru efectuarea măsurărilor cu acest montaj, se crește curentul în circuitul releului cu ajutorul mînerului *D*, urmărind să nu se depășească puterea maximă ce poate fi debitată de decalor. Comutatorul *F* fiind pe poziția capacitiv, iar inversorul *E* pe poziția *1*, se acționează asupra mînere-

lor *A* și *B*, pînă se aduce acul în dreptul diviziunii 1 (decalaj 0°). Pentru efectuarea măsurărilor în cele patru cadrane se procedează ca mai sus, urmărind indicațiile din tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

Intervalul de măsură	Comutatorul *F*, pe poziția :	Comutatorul E_1, pe poziția :	Defazajul α dintre curentul și tensiunea aplicată releului, în funcție de unghiul măsurat la cosfimetru
0°... 90°	capacitiv	①	$\alpha = \beta$
90°...180°	inductiv	②	$\alpha = 180° - \beta$
180°...270°	capacitiv	②	$\alpha = 180° + \beta$
270°...360°	inductiv	①	$\alpha = 360° - \beta$

În caz că nu se dispune de inversorul de polaritate *E*, se poate renunța la acesta atît la montajul din fig. 4.7, cît și la cel din fig. 4.13. Poziția 1 corespunde unei polarități normale, iar poziția 2, unei polarități inversate a curentului sau tensiunii.

a.2) Măsurarea defazajelor cu ajutorul cosfimetrului cu cadran circular 0°—360°. În acest caz, cosfimetrul nu mai are comutatorul pentru alegerea sensului defazajului (inductiv sau capacitiv), nemaifiind nevoie nici de inversorul de sens *E*.

a.3) Măsurarea defazajelor cu ajutorul wattmetrului monofazat. Această măsurare se realizează înlocuind în montajele precedente cosfimetrul cu un wattmetru monofazat.

În funcție de mărimea care se decalează (tensiunea sau curentul), se utilizează montajul din fig. 4.7 sau fig. 4.13.

Se știe că puterea activă în curentul alternativ are expresia :

$$P = UI \cos \varphi \qquad (4\ 12)$$

Rezultă :

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} \qquad (4.13)$$

În relația (4.13) P, U, I, sînt cunoscute, ele putîndu-se măsura în cadrul montajelor din fig. 4.7 sau fig. 4.13 cu ajutorul wattmetrului, voltmetrului V și ampermetrului A.

Deoarece wattmetrul nu este dotat cu un comutator care să indice sensul decalajului (inductiv sau capacitiv), va trebui ca după ce s-a adus acul wattmetrului la 0° (putere maximă în circuit) să aflăm în ce sens se decalează fazorul (inductiv sau capacitiv) față de origine.

Dacă se decalează tensiunea și se ia ca origine de fază curentul, se procedează astfel: se acționează asupra mînerelor A și B ale decalorului, deplasînd acul wattmetrului către puterea zero, adică unghiul de 90° (inductiv sau capacitiv. Dacă de exemplu releul ce se verifică este RDC-3, fixat pe unghiul de sensibilitate maximă 30°, și în intervalul 0°—90° contactul care inițial era închis (bornele *11—12*) se deschide, rezultă, știind diagrama de acționare a acestuia (fig. 4.12), că am decalat tensiunea inductiv. Dacă contactul rămîne închis în intervalul 0—90°, rezultă că tensiunea a fost decalată în sens capacitiv.

Dacă se decalează curentul și se ia ca origine de fază tensiunea, se procedează ca mai sus, însă pentru comparație, se utilizează diagramele de acționare cu originea de fază tensiunea (fig. 4.5).

a.4) Măsurarea defazajelor și ridicarea diagramei de acționare a releelor direcționale prin metoda decalării tensiunii în trepte fixe de cîte 30°. Această metodă are la bază faptul cunoscut că dispunînd de un sistem de tensiuni trifazat simetric, se poate obține o stea a tensiunilor decalate la 30° una față de alta, ca în fig. 4.14. Cu linie plină, s-au reprezentat tensiunile pe fază și între faze, iar punctat, tensiunile ce se obțin din acestea dacă se inversează sensul de măsurare.

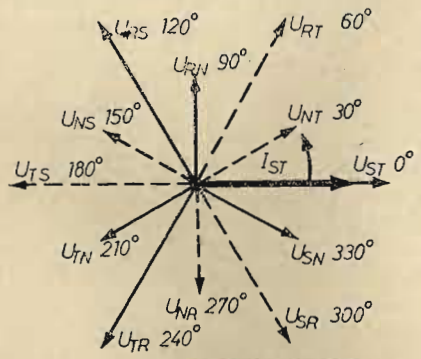


Fig. 4.14.

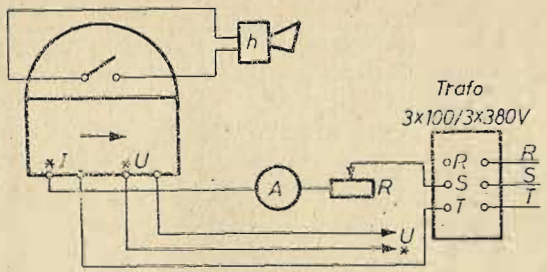


Fig. 4.15.

Luînd ca origine de fază curentul I_{ST} produs de U_{ST} cu care este în fază și aplicînd succesiv releului direcțional diverse tensiuni în sensul indicat de săgeată (fig. 4.14), se poate ridica diagrama de acționare a releelor direcționale. Aceste diagrame au ca origine de fază curentul.

În urma unor astfel de măsurări, utilizînd montajul din fig. 4.15, se obțin pentru releul RDC-3 diagramele de acționare din fig. 4.16.

Această metodă, deși nu oferă o precizie ridicată, se aplică foarte ușor și dă rezultate satisfăcătoare, mai ales în condițiile de teren, cînd nu dispunem de aparatele necesare unor măsurări exacte.

b) *Determinarea caracteristicii volt-amper pentru unghiul de sensibilitate maximă.* Această caracteristică (fig. 4.17) reprezintă funcția $U_{pr} = f(I_r)$, pentru unghiul de sensibilitate maximă al releului direcțional. Cu ajutorul ei, se poate determina care este tensiunea minimă de acționare a releului (U_{pr}) pentru un anumit curent dat.

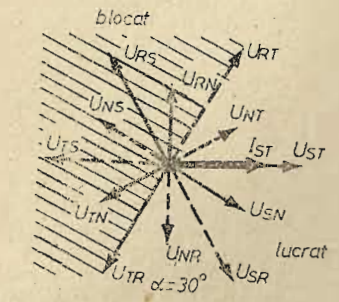
Pentru ridicarea caracteristicii volt-amper, se utilizează montajul din fig. 4.7 sau fig. 4.13. Se decalează tensiunea sau curentul, pînă se ajunge la un defazaj egal cu unghiul de sensibilitate maximă al releului.

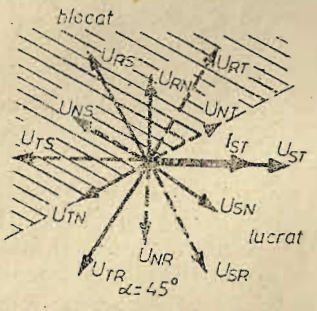
Menținînd decalajul constant, se scade curentul la valoarea 0. Reglînd succesiv tensiunea aplicată releului, la valorile din tabelul 4.3, se crește de fiecare dată curentul pînă cînd releul acționează. Se notează aceste valori în tabelul de mai sus, ridicîndu-se caracteristica volt-amper.

Pentru fiecare valoare a tensiunii și curentului din tabelul 4.3 se determină puterea minimă de acționare a releu-

Tabelul 4.3

U releu [V]	100	75	50	25	10	3	1	0,5	0,2	0,1	0
I acționare [A]											
$P_{min\ act}$ [VA]											





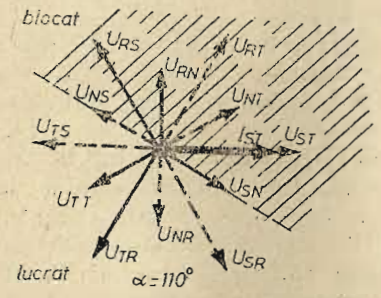


Fig. 4.16.

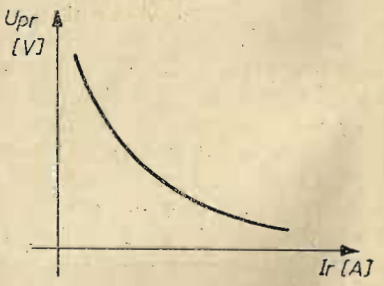


Fig. 4.17.

lui (la unghiul de sensibilitate maximă). Valorile obținute pentru fiecare punct în parte trebuie să fie apropiate (teoretic trebuind să se obțină rezultate egale). Puterea minimă de acționare obținută trebuie să fie egală cu cea dată în prospectul releului respectiv.

Dacă cu ajutorul mînerului D al decalorului nu se pot regla valorile de 1 V ; 0,5 V ; 0,1 V etc., se poate monta la bornele decalorului un transformator coborîtor, cu raportul 100/5 V, care să permită obținerea valorilor dorite.

Pentru a măsura corect tensiunile de valori scăzute din tabelul 4.3, se recomandă utilizarea unui voltmetru cu rezistență interioară cît mai mare.

c) *Verificarea nefuncționării releului direcțional, alimentat numai cu tensiune sau numai cu curent.* Se scurtcircuitează bobina de curent a releului direcțional și se alimentează bobina de tensiune cu 1,5 U_n. Releul nu trebuie să-și închidă contactul.

Se scurtcircuitează bobina de tensiune și se aplică bobinei de curent $(5 \div 10)I_n$. Releul nu trebuie să-și închidă contactul nici în această situație.

4.1.4.2. **Fixarea și verificarea caracteristicii de acționare.** Fixarea reglajelor se execută în mod diferit în funcție de tipul constructiv al releului. Verificarea caracteristicii de acționare obținute se execută conform § 4.1.4.1.a.

4.2. Relee diferențiale RDS-3a

4.2.1. *Generalități*

Protecția diferențială este o protecție de bază a transformatoarelor, utilizată împotriva scurtcircuitelor interne sau la borne.

În fig. 4.18, este redat principiul de funcționare al protecției diferențiale a transformatoarelor, în cazul unui scurtcircuit interior *a)* și în cazul unui scurtcircuit exterior *b)*.

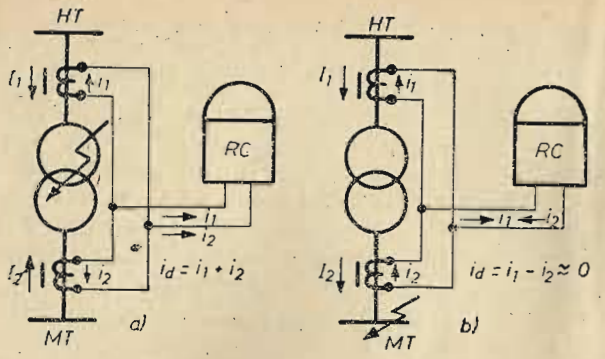


Fig. 4.18.

Se observă că la scurtcircuite interioare curentul i_d prin circuitul diferențial este egal cu suma curenților din secundarele transformatoarelor de curent. La scurtcircuite exterioare acest curent este foarte mic, teoretic trebuind să fie nul.

În anumite situații, curentul diferențial poate atinge în regim normal de funcționare valori nepermis de mari, care ar putea produce acționarea protecției dacă nu se iau măsuri împotriva :

— acțiunii curentului de magnetizare (care trece numai prin înfășurarea conectată la sursa de alimentare) ;

— inegalității curenților din secundarele transformatoarelor de curent ;

— curenților de dezechilibru produși în special de diferența dintre curenții de magnetizare ai transformatoarelor de curent care alimentează releele diferențiale ;

— diferenței de fază dintre curenții din primarul și secundarul transformatorului de putere.

Protecția diferențială utilizînd relee RDS-3a cu frînare și transformatoare cu saturație rapidă răspunde problemelor de mai sus [1 ; 15] prin modul de construcție al releului, prin concepția realizării schemei și prin modul de fixare a reglajelor.

4.2.2. *Principiu de funcționare, caracteristici tehnice*

Releul RDS-3a (fig. 4.19) este utilizat pentru protecția unei faze a transformatorului de putere. În compunerea lui intră un transformator cu saturație rapidă cu trei coloane, pe care sînt dispuse mai multe înfășurări, și un releu de curent RC-2.

Transformatoarele cu saturație rapidă asigură desensibilizarea protecției față de șocurile de curent de magnetizare la conectarea transformatorului sau la restabilirea tensiunii în rețea.

Pe coloana din mijloc a circuitului magnetic, se găsește înfășurarea de lucru W_l și înfășurările de egalizare W_{e2} și W_{e1}, care servesc la egalizarea curenților din înfășurarea de lucru.

Pe fiecare din coloanele laterale se găsește cîte o jumătate din bobina de frînare W_f și cîte o jumătate din bobina secundară W_s, care alimentează releul de curent *RC*.

Pentru protecția diferențială a transformatoarelor, zona protejată este cuprinsă între transformatoarele de curent.

La defecte ce apar în afara zonei protejate (fig. 4.19), i_2 va parcurge înfășurările W_l, W_{e1} și W_f. Parcurgînd W_f, i_2 va produce fluxul de frînare Φ_f, care se închide numai prin coloanele exterioare, avînd sensurile din figură Rezultă că i_2 este cel care produce frînarea, deci $i_f = i_2$.

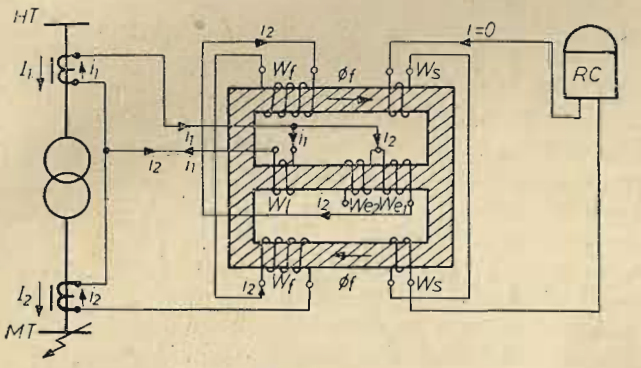


Fig. 4.19.

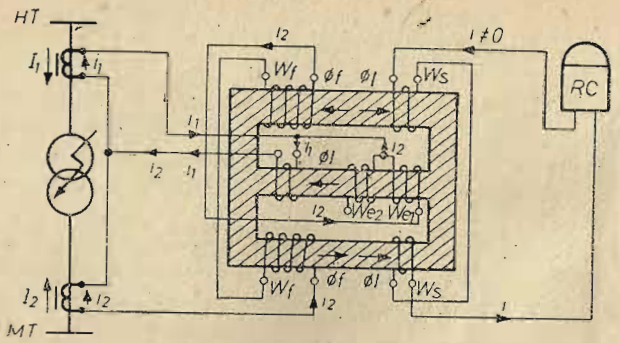


Fig. 4.20.

Curentul secundar i_1 străbate bobina de lucru W_l, în sens contrar celui străbătut de i_2 prin W_l și W_{e1}. Fluxurile produse de acești curenți la trecerea prin W_l și W_{e1} se anulează reciproc, fluxul rezultant în coloana din mijloc fiind teoretic, nul. (Practic, apare un flux datorită curentului de dezechilibru $i_{dez} = i_1 - i_2$.)

Releul *RC* nu va acționa în acest caz, deoarece fluxul Φ_f va produce în cele două secțiuni ale lui W_s tensiuni electromotoare de sensuri contrare, astfel încît curenții produși de ele se anulează reciproc în bobina releului *RC*. Deci la defecte exterioare zonei protejate, releul nu lucrează.

În cazul unui scurtcircuit în interiorul zonei protejate (fig. 4.20), i_1 și i_2 parcurg în același sens bobina de lucru și vor produce un flux Φ_l, care se închide prin coloanele laterale. Datorită valorilor mari ale curenților de scurtcircuit, Φ_l este mai mare decît Φ_f.

Releul *RC* va acționa în acest caz, fluxul Φ_l producînd în cele două secțiuni ale înfășurării W_s, curentul i.

În general bobina de frînare se montează ca în fig. 4.19 sau fig. 4.20, pe partea consumatorilor sau a sursei cu un aport mai mic la scurtcircuit, pentru ca la defect fluxul de frînare Φ_f să nu atingă valori prea mari. Bobina de lucru se montează de regulă pe partea sursei mai puternice.

În fig. 4.21 este reprezentată caracteristica de frînare a releului RDS-3a [17], reprezentînd dependența dintre tensiunea magnetomotoare de frînare și cea de lucru, în

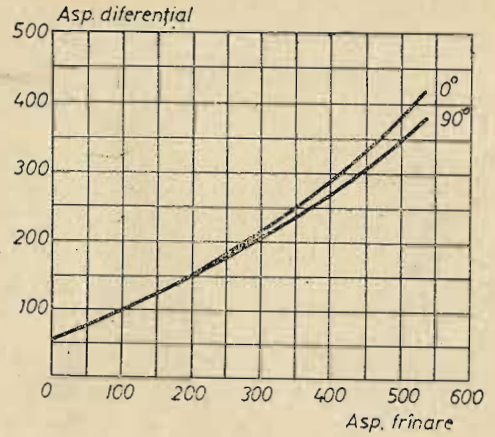


Fig. 4.21.

funcție de defazajul α dintre curentul de frînare și cel de lucru. Acest defazaj poate fi cuprins între 0° și 90°. Zona care se găsește deasupra curbei $\alpha = 0°$ reprezintă zona de acționare sigură. În zona cuprinsă între curbele $\alpha = 0°$ și $\alpha = 90°$, acționarea este incertă, în funcție de defazajul α.

Zona cuprinsă sub curba $\alpha = 90°$ reprezintă zona de blocaj, în care fluxul de frînare Φ_f blochează funcționarea releului.

Principalele caracteristici tehnice ale releului diferențial RDS-3a sînt [2; 17]:

— amperspirele de lucru: 60 ± 5 Asp;

— curentul de acționare: pentru $i_f = 0$, se poate regla pe diversele prize ale înfășurării de lucru conform tabelului 4.4;

Tabelul 4.4

W_l [sp]	20	13	10	8	6	5
I_{act} [A]	3	4,615	6	7,5	10	12
A_{sp} lucru	60	60	60	60	60	60

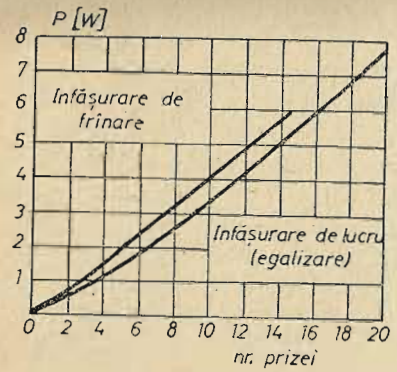


Fig. 4.22.

— curentul minim de acționare: 1,54 A dacă în serie cu înfășurarea de lucru se conectează una din înfășurările de egalizare;

— raportul maxim al curenților ce pot fi egalizați: 4,2 corespunzător valorii maxime de reglaj, 12 A;

— raportul minim al curenților care pot fi egalizați: 1,8 corespunzător valorii minime de reglaj, 3 A;

— tensiunea maximă pe contact: 220 V.c.c. sau c.a.;

— consumul propriu în diversele înfășurări ale releului la curentul nominal: rezultă din diagramele reprezentate în fig. 4.22;

— schema electrică a releului RDS-3a poate fi utilizată în două variante în funcție de poziția fișei *L* de pe panoul frontal al releului (fig. 4.23).

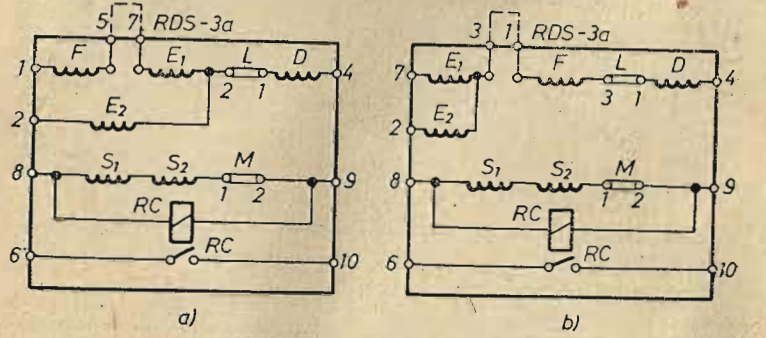


Fig. 4.23.

4.2.3. *Verificarea releelor diferențiale RDS-3a*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

4.2.3.1. **Verificarea generală a modului de funcționare a releului RDS-3a.** a) *Verificarea releului electromagnetic de curent RC.* Se execută utilizînd montajul din fig. 4.24, în același mod ca la releele de curent obișnuite. Conform [17], releul *RC* este considerat corespunzător dacă el lucrează la un curent de 0,2 A, fișa *M* fiind deconectată. Dacă releul nu lucrează la valoarea de 0,2 A se deplasează butonul de reglaj la dreapta sau la stînga reperului de pe scală pînă se reglează valoarea de 0,2 A.

b) *Verificarea polarității relative a înfășurărilor de lucru și egalizare ale releului RDS-3a.* Se execută utilizînd montajul din fig. 4.25. Șuruburile de contact pentru alegerea numărului de spire al înfășurării diferențiale (de lucru) se așază pe poziția 20, toate celelalte șuruburi de contact fiind pe poziția zero.

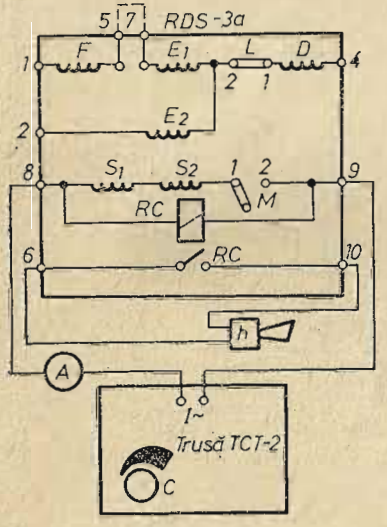


Fig. 4.24.

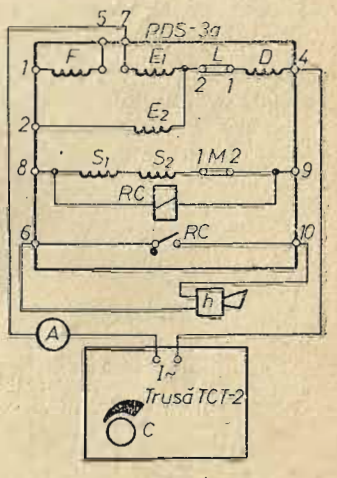


Fig. 4.25.

Se creşte curentul în circuit, pînă cînd releul *RC* acţionează. Se notează această valoare, calculîndu-se apoi tensiunea magnetomotoare ($i_{act} \times$ nr. de spire) pentru care s-a produs acţionarea. Se repetă operaţia pentru fiecare din combinaţiile indicate în tabelul 4.5. Întîi, pentru înfăşurarea de lucru şi egalizare *I*, conform conexiunilor din fig. 4.25, apoi pentru înfăşurarea de lucru şi egalizare *II*, în care caz legătura din borna *7* a releului se mută în borna *2*. Tensiunile magnetomotoare obţinute trebuie să fie în fiecare caz în parte de 60 ± 5 Asp.

c) *Verificarea lipsei inducţiei mutuale între înfăşurarea de frînare şi înfăşurarea secundară.* Se execută utilizînd montajul din fig. 4.26. Şurubul pentru alegerea numărului de spire al înfăşurării de frînare se aşază pe poziţia *14* (28 spire).

Se creşte curentul în circuitul de frînare pînă cînd ajungem la valoarea de 20 A. Fişa *M*, fiind deconectată şi milivoltmetrul fiind conectat ca în fig. 4.26, tensiunea măsurată cu ajutorul lui nu va trebui să depăşească în cazul lipsei inducţiei mutuale, valoarea de aproximativ 50 mV.

d) *Verificarea coeficientului de siguranţă.* Se utilizează montajul din fig. 4.25, în care numărul de spire al înfăşurării diferenţiale este egal cu 20, în timp ce şuruburile înfăşurării de egalizare *I* sînt pe poziţia 0.

Se roteşte spre dreapta indicatorul scalei releului *RC* pînă cînd acesta va lucra la un curent de 15 A. Butonul de reglaj al releului *RC* rămînînd în poziţia stabilită mai sus,

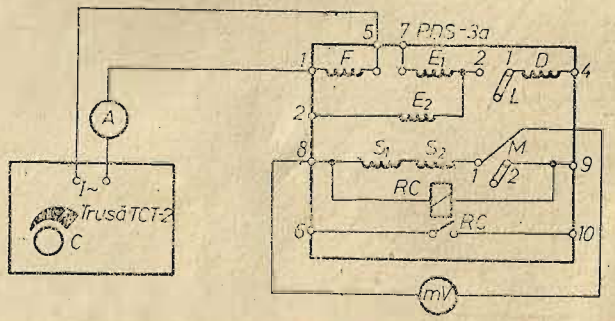


Fig. 4.26.

Tabelul 4.5

Număr de spire W_1		20	13	10	8	6	5	5	5	5	5	5	5	3	3	16	24	2,65	63,5	2,67	64
Nr. de spire $W_{e1(2)}$	prima parte	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	8	3	3	4	8	3,2	64	3,15	63
	a doua parte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,93	63	3,93	63
Nr. total de spire $W_1 + W_{e1(2)}$		20	13	10	8	6	5	6	7	8	12	16	20	12	16	20	24	5,18	62	5,25	63
$W_1 + W_{e1}$	I_{lucru} [A]	3	4,85	6,25	7,62	9,82	11,6	9,6	8,43	7,5	6,5	5,18	3,93	5,18	3,93	3,2	2,65	5,18	62	5,25	63
	Nr. sp. $\times I_{lucru}$ [Asp]	60	63	62,5	61	59	58	57,5	59	60	62	64	63	62	63	64	63,5	62	63	63	63
$W_1 + W_{e2}$	I_{lucru} [A]	3	4,85	6,25	7,62	9,82	11,6	9,61	8,43	7,56	6,3	5,25	3,93	5,25	3,93	3,15	2,67	5,25	63	5,25	63
	Nr. sp. $\times I_{lucru}$ [Asp]	60	63	62,5	61	59	58	57,6	59	60,3	63	63	63	63	63	63	64	63	63	63	63

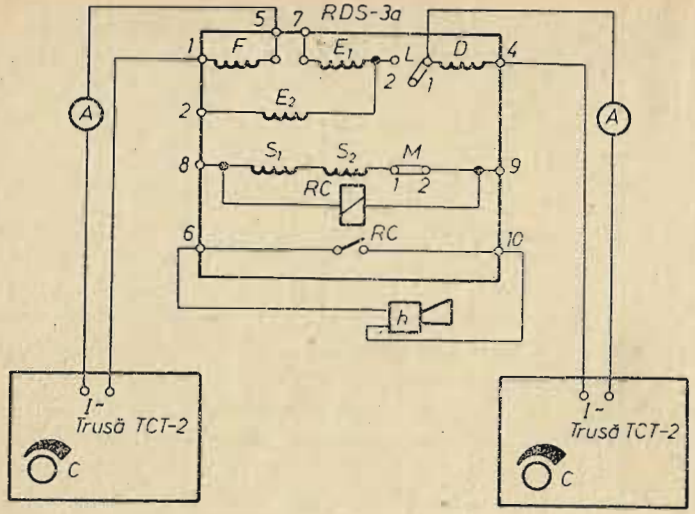


Fig. 4.27.

se realizează schema din fig. 4.24, măsurîndu-se curentul la care va lucra releul *RC*.

Raportul dintre valoarea obținută în cadrul acestei măsurări și valoarea obținută la punctul a) reprezintă coeficientul de siguranță, a cărui valoare trebuie să fie cuprinsă între 1,35 ÷ 1,8.

Pentru probele următoare se revine cu butonul de reglaj al releului *RC* pe poziția inițială fixată la punctul a).

e) *Verificarea caracteristicii de frînare a releului RDS-3a.* Se execută utilizînd montajul din fig. 4.27. Șurubul de contact al înfășurării diferențiale (de lucru) se fixează pe poziția 20 de spire, cel al înfășurării de frînare pe poziția 14 (28 spire), iar cele ale înfășurărilor de egalizare, pe poziția zero spire.

Deoarece pe teren este în general dificil să se decaleze doi curenți, ridicarea caracteristicii de frînare se va face pentru defazajul $\alpha = 0°$ (fig. 4.21).

Se aplică succesiv înfășurării de frînare, un curent corespunzător valorilor date în tabelul 4.6, determinîndu-se pentru fiecare valoare în parte, curentul din înfășurarea de

Tabelul 4.6

Curentul de frînare I_f [A]	0	3	6	9	12	15	18	21
28 sp × I_f [Asp]	0	84	168	252	336	420	504	588
Curentul de lucru I_l [A]	3	4,25	6,5	9,25	12	15,25	18,5	22
20 sp × I_l [Asp]	60	85	130	185	240	305	370	440

lucru (diferențială), pentru care are loc acționarea releului. Valorile tensiunilor magnetomotoare trebuie să se regăsească pe curba din fig. 4.21, pentru $\alpha = 0°$.

Deoarece atunci cînd se crește curentul diferențial se obțin creșteri simultane ale curentului de frînare, este necesar ca odată cu acționarea mînerului *C* pentru creșterea curentului diferențial, să se acționeze și asupra mînerului *C* al trusei care reglează curentul de frînare, astfel încît acesta să fie menținut la valorile din tabel.

În timpul verificării caracteristicii de frînare, este necesar ca la fiecare probă, capacul releului să fie pus, deoarece s-au observat diferențe sensibile între valorile măsurate cu și fără capac.

f) *Verificarea consumului înfășurărilor releului RDS-3a.* Se execută, utilizînd montajul din fig. 4.28. La efectuarea măsurărilor, se aplică fiecărei înfășurări în parte curentul nominal de 5 A, determinîndu-se tensiunea obținută la bornele înfășurării respective, pentru o anumită poziție a șurubului de contact. Operația se repetă identic pentru celelalte poziții, rezultatele obținute comparîn-

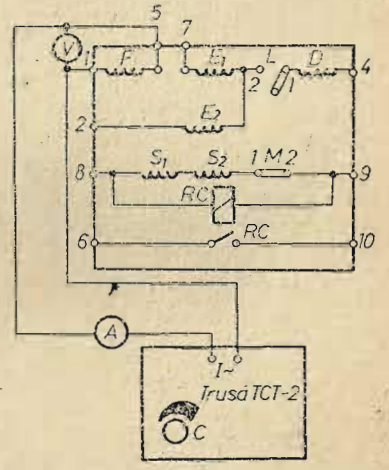


Fig. 4.28.

du-se cu curbele din fig. 4.22. Puterea consumată va fi dată de relația $P = UI$, în care $I = 5$ A.

4.2.3.2. **Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului RDS-3a.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valorile date prin planul de reglaje.

4.3. Relee pentru blocaj la dispariția tensiunii

4.3.1. *Generalități*

Releele pentru blocaj la dispariția tensiunii sînt destinate blocării funcționării protecției de distanță, la dispariția accidentală a tensiunilor de măsurare, ca urmare a arderii siguranțelor ce alimentează buclele de măsurare, a unor defecțiuni în circuitele de multiplicare a poziției separatoarelor de bare etc.

Aceste relee trebuie să aibă un timp propriu de acționare foarte mic, pentru a permite blocarea funcționării releelor de distanță chiar și în treapta I a acestora, care de regulă este netemporizată. În plus, releele de blocaj la dispariția tensiunii trebuie să funcționeze selectiv, astfel încît să nu blocheze protecția la dispariția tensiunilor de măsurare, ca urmare a unui scurtcircuit.

În instalațiile energetice din țara noastră, pentru blocajul la dispariția tensiunilor de măsurare sînt utilizate de regulă două tipuri de relee : releu tip RBDT și releu de flux nul.

4.3.2. *Releu pentru blocaj la dispariția tensiunilor tip RBDT*

4.3.2.1. **Principiu de funcționare, caracteristici.** În fig. 4.29, s-a prezentat schema interioară [18] și modul de conectare în instalație a releului RBDT. Pentru a nu supra-

încărca schema, nu s-au mai reprezentat blocurile de curent și tensiune și nici partea de alegere a tensiunilor de măsurare.

Utilizînd releele de curent continuu : RT_L ; RI_0 ; RT_B și RT_0, alimentate prin intermediul unor punți redresoare de la niște transformatoare, releul RBDT supraveghează :

— prezența sau dispariția tensiunii pe linie (TT_L, D_9, D_{10}, RT_L) ;

— apariția curentului homopolar (TI_0, D_1, D_2, RI_0) ;

— prezența sau dispariția tensiunii pe bare (TT_B, D_3, D_4, RT_B) ;

— apariția tensiunii homopolare (TT_{01}, TT_{02}, TT_{03}, D_5, D_6, D_7, D_8, RT_0).

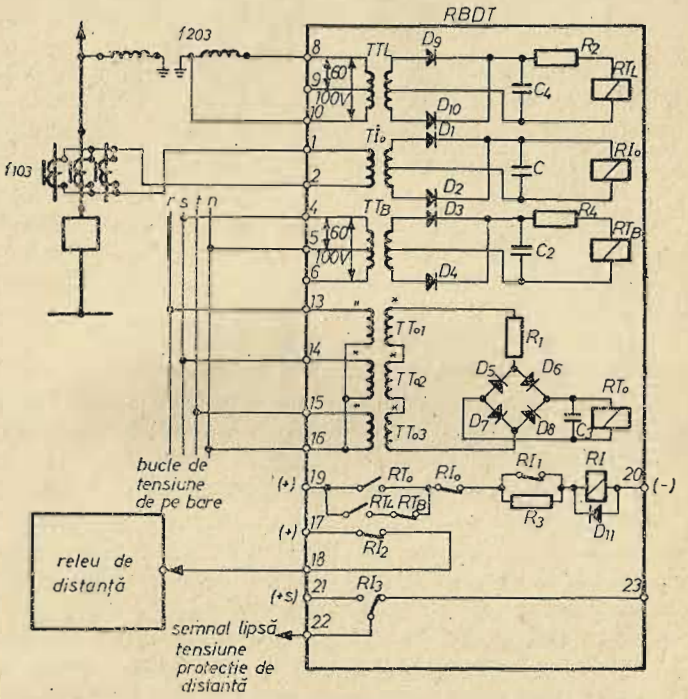


Fig. 4.29.

Funcționarea RBDT :

1) *În situație normală de funcționare a circuitului primar protejat.* Ca urmare a prezenței tensiunii pe linie și pe bare, releele RT_L și RT_B sînt excitate, releele TI_0 și RT_0 care supraveghează apariția curentului sau tensiunii homopolare sînt dezexcitate, deci bobina releului RI este dezexcitată. Prin contactul RI-2 al acestui releu, se alimentează cu (+) operativ, releul de distanță.

În continuare, să analizăm situațiile în care RBDT blochează funcționarea releului de distanță.

1.1) Dispariția tensiunii pe una sau pe două faze ale circuitului de tensiune din bucla de măsurare a stației. Ca urmare a acestui fapt, apare o tensiune homopolară la bornele secundare ale transformatoarelor TT_{01}, TT_{02}, TT_{03}, care produce acționarea releului RT_0 și prin aceasta, excitarea bobinei releului RI.

Prin contactul RI-2, care se deschide, releul de distanță este blocat, iar prin contactul RI-3, care se închide, este transmis semnalul „lipsă tensiune protecție de distanță".

1.2) Dispariția tensiunii pe toate cele trei faze ale buclei de măsurare din stație. În acest caz, se dezexcită releul RT_B, permițînd închiderea contactului său normal închis RT_B, prin care se excită bobina releului RI. În continuare, RBDT se comportă ca mai sus.

2) *Cînd are loc un defect în circuitul primar protejat.* În acest caz tensiunile pe fazele afectate de defect pot să scadă pînă la valoarea zero. Așa cum s-a precizat, în această situație RBDT nu trebuie să blocheze funcționarea protecției de distanță.

În funcție de tipul defectului, releul funcționează astfel:

2.1) Scurtcircuit monofazat sau bifazat cu pămîntul pe circuitul primar protejat. În acest caz, apare o tensiune homopolară la bornele secundare ale transformatoarelor TT_{01}, TT_{02}, TT_{03}, care dacă este peste 40...50% din tensiunea nominală pe fază, produce acționarea releului RT_0. În cazul unui defect monofazic sau bifazic cu pămîntul, apare însă un curent homopolar în secundarul transformatoarelor de curent,

care dacă are o valoare mai mare de $0{,}4I_n$, va produce acționarea releului RI_0. Prin aceasta, bobina releului RI rămîne în continuare dezexcitată, RBDT neblocînd funcționarea releului de distanță.

2.2) Scurtcircuit bifazat pe circuitul primar protejat. În acest caz, ca urmare a scăderii simultane a tensiunii pe linie și pe bare, releele RT_L și RT_B se dezexcită. Releele RT_0 și RI_0 fiind dezexcitate, releul RI rămîne și el dezexcitat, astfel încît funcționarea releului de distanță nu este blocată.

Principalele caracteristici tehnice [18] ale releului RBDT sînt :

- curentul nominal 5 (1) A ;
- tensiunea :
  - $3 \times 100/57$ V pentru filtrul homopolar ;
  - 100 sau 57 V pentru supravegherea tensiunii de pe bare ;
  - 100 sau 57 V pentru supravegherea tensiunii de linie ;
- tensiune operativă : 24 ; 48 ; 110 ; 220 V.c.c. ;
- timp de acționare la dispariția tensiunii pe bare : max. 20 ms. ;
- curentul homopolar de blocaj : minim $0{,}5I_n$;
- consumuri :
  - max 4 VA pe fază, la intrările TT_{01}, TT_{02} sau TT_{03} ;
  - max 6 VA, la intrările TT_B sau TT_L ;
  - max 4 VA, la intrarea lui TI_0 ;
  - max 6 W, în circuitul de tensiune operativă.

4.3.2.2. **Verificarea releului RBDT.** Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1, § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a releului.* Verificările de mai jos se pot executa cu releul montat în instalație sau separat în laborator.

În caz că verificarea se execută cu releul montat în instalație, probele vor trebui efectuate cu o deosebită atenție, pentru a nu produce scurtcircuite în bucla de măsurare, fapt care poate afecta funcționarea întregii stații. În cazul utilizării unor surse auxiliare de tensiune (truse, transformatoare, autotransformatoare etc.), se vor lua măsuri îm-

potriva alimentării inverse (din secundar în primar) a transformatoarelor de tensiune de pe linie sau bare.

În situația verificării în laborator, pentru alimentarea releului se va utiliza un transformator trifazat, 3 × 380/3 × × 100 V.

a.1) Probe pentru verificarea modului de funcționare a RBDT, la dispariția tensiunilor de măsurare. Se alimentează releul RBDT cu un sistem trifazat simetric de tensiuni, la bornele *13*, *14*, *15* și *16*, din bucla de măsurare a stației sau dintr-un transformator trifazat, 3 × 380/3 × 100 V, ca în fig. 4.29. Bornele *8*, *9* sau *10* la care se conectează tensiunea de pe linie rămîn nealimentate. Se alimentează releul cu curent operativ la bornele *19* și *20*, respectîndu-se polaritățile din fig. 4.29. În această situație, releul *RI* este dezexcitat, deci protecția de distanță nu este blocată.

Pentru a simula dispariția accidentală a tensiunilor de măsurare, se deconectează pe rînd cîte o fază de la bornele *13*, *14* și *15*, urmărindu-se de fiecare dată excitarea releului *RI*. Se procedează în mod analog, deconectînd apoi cîte două faze, urmărind și de astă dată acționarea releului *RI* și prin aceasta, blocarea funcționării protecției de distanță.

Se alimentează apoi TT_L cu tensiunea de la transformatorul de prezență a tensiunii pe linie sau de la o trusă curent-tensiune, reglată la 60 V (pentru bornele *8* și *9*) sau 100 V (pentru bornele *8* și *10*). Se alimentează TT_B la bornele *4—6* prin punți de la bornele *13—14*.

Deconectînd simultan alimentarea de la bornele *13*, *14*, *15* și *16*, situație corespunzătoare unei întreruperi generale a tensiunilor de pe bucla de măsurare, releul *RI* trebuie să se excite blocînd funcționarea protecției de distanță.

a.2) Probe pentru verificarea modului de funcționare a releului RBDT, în situația producerii unor scurtcircuite în instalația primară protejată. Se alimentează RBDT numai cu tensiunea de linie. Tensiunea operativă fiind conectată, releul *RI* va fi excitat. Se alimentează TI_0, cu ajutorul unei truse de curent tensiune la bornele *1—2*. Crescînd curentul, releul *RI* se dezexcită la aproximativ $0{,}4I_n$. Prin aceasta se verifică că este suficientă

apariția unui curent homopolar, pentru ca RBDT să nu blocheze funcționarea releului de distanță.

Pentru a urmări comportarea releului la defecte monofazice, se alimentează RBDT numai cu tensiunile buclei de măsurare la bornele *13*, *14*, *15* și *16*. Întrerupînd pe rînd cîte o fază, releul *RI* se va excita. Crescînd ca mai înainte curentul în circuitul TI_0, releul *RI* se va dezexcita, indiferent de faza deconectată.

Pentru a verifica că nu există posibilitatea unei acționări greșite a releului *RI* ca urmare a unui joc de contacte în situația unui scurtcircuit însoțit de curent homopolar, se utilizează montajul din fig. 4.30.

Cu ajutorul celor două truse curent-tensiune A_1 și A_2, se reglează curentul homopolar la 3 A (A_1) și tensiunea la 100 V (A_2). Releul d_{101} s-a montat suplimentar. La apăsarea butonului b_{101} se urmărește ca aplicînd simultan curentul și tensiunea, releul *RI* să rămînă dezexcitat.

a.3) Verificarea RBDT pe viu, prin interacționare cu releul de distanță. Așa cum se recomandă și în [18], este bine ca la puneri în funcțiune, după reparații etc., să se facă cel puțin o probă în care să se verifice pe viu că la dispariția tensiunilor de alimentare a protecției de distanță, RBDT blochează releu. de distanță înainte ca acesta să declanșeze în treapta I

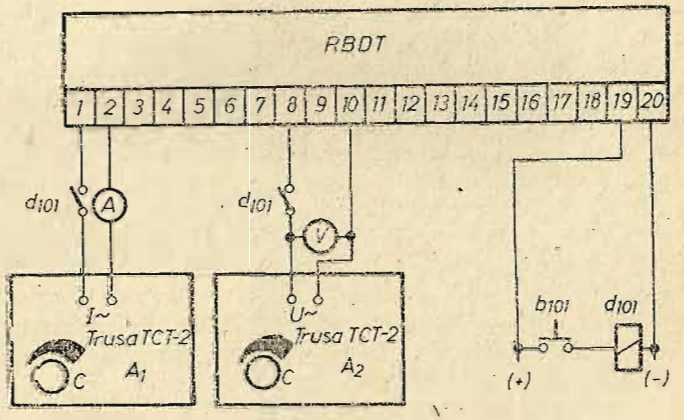


Fig. 4.30.

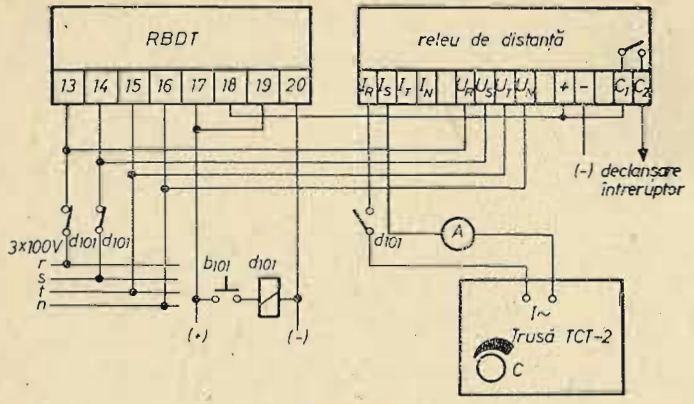


Fig. 4.31.

Pentru aceasta este utilizat montajul din fig. 4.31, unde, ca și la proba anterioară, releul d_{101} este un releu suplimentar.

RBDT și releul de distanță sînt alimentate cu două tensiuni de măsurare (de exemplu R și S), prin contactele normal închise ale releului d_{101}. Cu ajutorul unei truse de curent-tensiune, printr-un contact normal deschis al aceluiași releu d_{101}, se alimentează cu curent releul de distanță pe fazele R și S. Înaintea executării probei, șuntînd contactul releului d_{101}, se reglează curentul la valoarea nominală a releului de distanță. Se scoate apoi puntea de șuntare și acționînd asupra butonului b_{101} se verifică dacă la dispariția celor două tensiuni de măsurare, releul de distanță mai trimite impuls de declanșare sau nu. În caz afirmativ, înseamnă că RBDT este necorespunzător.

a.4) Verificarea tensiunilor de acționare a releelor RT_0, RT_L, RT_B și a curentului de acționare a releului RI_0. Alimentînd RBDT ca mai jos, trebuie să obținem următoarele valori de acționare :

— maxim 30 V, pentru releul RT_0 cu alimentare la bornele *13—16* ; *14—16* sau *15—16*. Valoarea se citește în momentul excitării releului RI ;

— maxim 40 V, pentru releul RT_B cu alimentare la bornele *4—5* ;

— maxim 65 V, pentru releul RT_B cu alimentare la bornele *4—6*.

Valorile se citesc în momentul dezexcitării releului RI, după ce în prealabil RT_L a fost alimentat la bornele *8—9* sau *8—10* :

— maxim 30 V, pentru releul RT_L cu alimentare la bornele *8—9* ;

— maxim 50 V, pentru releul RT_L cu alimentare la bornele *8—10*.

Valorile se citesc la excitarea releului RI :

— maxim 1,5 A pentru releul RI_0 cu alimentare la bornele *1—2*.

Valorile se citesc la dezexcitarea releului RI, după ce în prealabil s-a alimentat cu tensiune RT_L la bornele *8—9* sau *8—10*.

Valorile sînt date pentru situația unei acționări ferme a releelor, fără vibrații. În fiecare din situațiile de mai sus, s-a presupus conectată tensiunea operativă.

b) *Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului RBDT*. Releul nu necesită reglaje speciale.

4.3.3. *Releu de flux nul pentru blocaj la dispariția tensiunilor*

Releul se alimentează cu un sistem trifazat simetric de tensiuni R, S, T, N, de la bucla de măsurare a stației. El dispune de trei bobine identice conectate în stea, astfel că în regim normal de funcționare, fluxurile produse de acestea în circuitul magnetic al releului să se anuleze reciproc.

La dispariția accidentală a tensiunii pe una sau pe două faze, fluxul rezultant va fi diferit de zero și releul va acționa.

Dezavantajul acestui releu constă în faptul că datorită principiului de funcționare, nu poate deosebi dispariția accidentală a tensiunilor de măsurare din circuitul supravegheat, de cea datorată unui scurtcircuit. Pentru o utilizare eficientă, acest releu trebuie folosit în combinație cu alte relee (de curent și tensiune), care să permită realizarea cerințelor de la § 4.3.1.

Verificarea releului se execută simplu, întrerupînd tensiunile de alimentare, cîte o fază, apoi cîte două. De fiecare dată releul trebuie să acționeze.

La întrerupere trifazată a tensiunilor de alimentare, releul nu acționează, fluxul rezultant fiind nul. Acest fapt reprezintă un alt inconvenient al acestui tip de releu, motiv în plus pentru care sînt necesare completările de mai sus.

4.4. **Releu pentru controlul sincronismului tip RCS**

4.4.1. *Principiu de funcționare, caracteristici*

Releele pentru controlul sincronismului sînt utilizate în schemele de RAR trifazat. Rolul lor constă în a controla defazajul dintre tensiunea de pe linie și cea de pe bare și în situația că acesta este mai mic decît valoarea reglată pe releu, să permită reanclanșarea liniei.

Cînd tensiunea de pe bară și cea de pe linie sînt în fază sau au un defazaj mic, releul își menține contactul închis.

Cînd defazajul dintre tensiunea de pe bare și cea de pe linie este mai mare decît valoarea reglată, releul își deschide contactul.

În fig. 4.32, este prezentată schema electrică a releului pentru controlul sineronismului tip RCS produs de ICEMENERG. El este realizat dintr-un releu de tip electromagnetic [2], pe al cărui miez, sînt dispuse două bobine. La una dintre ele se conectează tensiunea de linie, iar la cealaltă, tensiunea de pe bare.

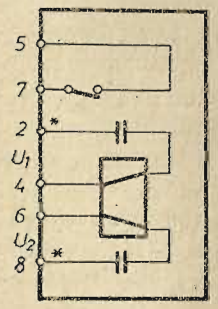


Fig. 4.32.

Funcționarea releului se bazează pe principiul comparării fluxurilor antagoniste create de tensiunile al căror sincronism se controlează.

Principalele caracteristici tehnice ale releului sînt:

— domeniul de funcționare: reglabil 20°...40°;

— tensiuni al căror sincronism se controlează:

$$100/100\ \text{V};\ \frac{100}{\sqrt{3}}\Big/\frac{100}{\sqrt{3}}\ \text{V};\ 100\Big/\frac{100}{\sqrt{3}}\ \text{V},\ 50\ \text{Hz},$$

în funcție de varianta constructivă.

4.4.2. *Verificarea releului RCS*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

4.4.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare a releului pentru controlul sincronismului.** Această verificare urmărește în principal verificarea corectei etalonări a scalei și fixarea punctului de reglaj.

Defazajul între două tensiuni se poate măsura utilizînd metode directe sau indirecte.

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj a releului RCS, utilizînd metode directe.* Pentru aceasta, se pot utiliza vectormetre, fazmetre electronice sau altę aparate asemănătoare. Montajul pentru măsurarea defazajelor dintre tensiuni este în acest caz cel din fig. 4.33.

După cum se observă, bobina de la bornele *2—4* ale releului se leagă direct în secundarul transformatorului trifazat de alimentare. Dacă această bobină este de 100 V, ea se va conecta între fazele transformatorului, iar dacă bobina este de 60 V, ea se va conecta între o fază și nulul transformatorului de alimentare.

Verificarea scalei de reglaj decurge astfel: se reglează tensiunile U_1 și U_2 la valoarea nominală, înscrisă pe releu. Acționînd asupra mînerelor *A* și *B* ale decalorului, se aduce U_2 în fază cu U_1. Pentru un defazaj de 0°, contactul releului trebuie să rămînă închis, tensiunile fiind în fază. Crescînd defazajul, se verifică apoi pentru fiecare punct înscris pe scala releului deschiderea contactului (cînd defazajul dintre tensiuni depășește valoarea de pe scală).

b) *Verificarea corectei etalonări a scalei de reglaj a releului RCS utilizînd metode indirecte.* Fie date tensiunile U_1 și U_2,

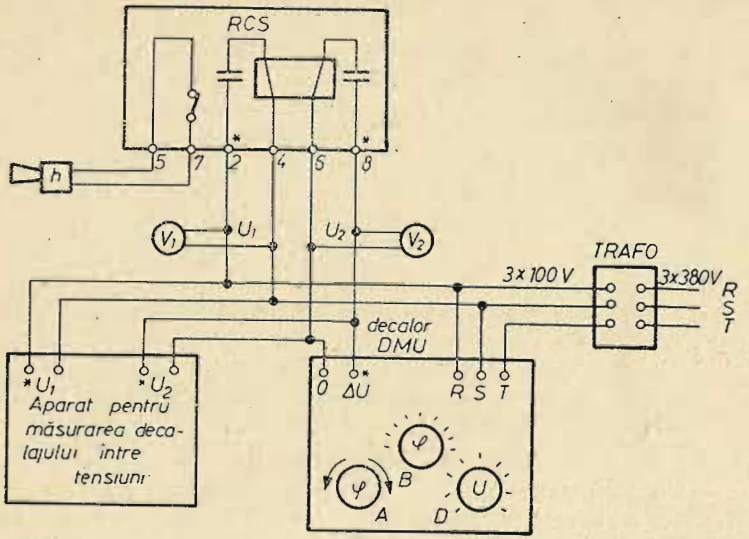


Fig. 4.33.

defazate cu unghiul φ și tensiunea U_3 diferența lor. Între cele trei tensiuni (fig. 4.34) există relația :

$$|\underline{U}_3| = \sqrt{|\underline{U}_1|^2 + |\underline{U}_2|^2 - 2|\underline{U}_1||\underline{U}_2| \cos \varphi}. \qquad (4.14)$$

din (4.14) rezultă :

$$\cos \varphi = \frac{|\underline{U}_1|^2 + |\underline{U}_2|^2 - |\underline{U}_3|^2}{2|\underline{U}_1||\underline{U}_2|} \qquad (4.15)$$

Deci pentru două tensiuni ce au un punct comun, se poate determina unghiul de defazaj măsurînd aceste tensiuni și diferența lor. Rezultatele se introduc în (4.15), obținîndu-se cos φ și apoi φ.

Dacă tensiunile nu au un punct comun, se poate utiliza cîte un transformator intermediar cu raportul de transformare 1/1, conectat ca în fig. 4.35.

Montajul practic pentru determinarea defazajelor prin această metodă este prezentat în fig. 4.36. Cu ajutorul trusei

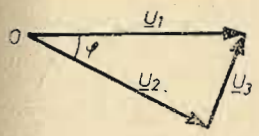


Fig. 4.34.

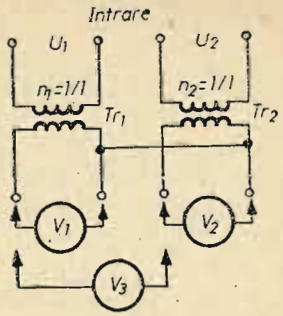


Fig. 4.35.

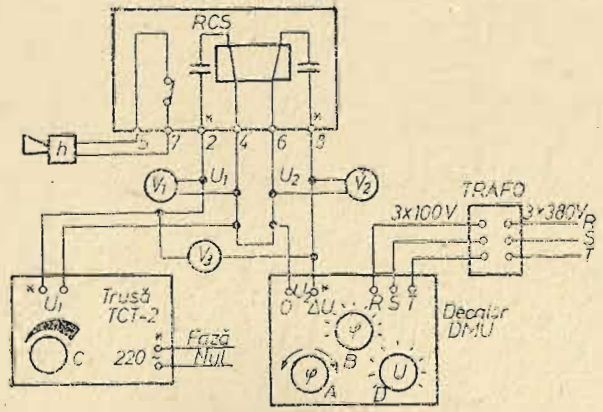


Fig. 4.36.

curent-tensiune și al decalorului, se aplică releului tensiunile U_1 și U_2, prin manevrarea mînerelor D și C.

Aceste tensiuni trebuie să fie egale cu tensiunile nominale înscrise pe releu.

Se manevrează apoi mînerele A și B ale decalorului pînă ce voltmetrul V_3 va indica valoarea 0. În această situație înseamnă că U_1 și U_2 sînt în fază, contactul releului rămînînd închis.

Butonul de reglaj al defazajului fiind în dreptul primei diviziuni a scalei releului, se acționează asupra mînerelor A și B pînă cînd acesta își deschide contactul. În acest moment, se citește tensiunea U_3 la voltmetrul V_3.

Această valoare se introduce în formula (4.15) de unde rezultă defazajul φ. Se repetă operația în mod analog și pentru celelalte puncte de reglaj ale scalei.

Pentru ușurarea probelor au fost calculate în funcție de diversele variante constructive ale releului RCS, valorile tensiunii U_3, pentru unghiuri de defazaj cuprinse între 17° și 44° (tabelul 4.7).

Tabelul 4.7

$\varphi°$	Tensiune măsurată U_3[V]		
	Releu $U_1 = U_2 = 60$ V	Releu $U_1 = U_2 = 100$ V	Releu $U_1 = 60$ V ; $U_2 = 100$ V
17°	17,73	29,55	88,68
18°	18,75	31,25	88,84
19°	19,85	33,10	89,05
20°	20,96	34,93	89,25
21°	21,97	36,62	89,45
22°	22,91	38,18	89,65
23°	24,01	40,02	89,88
24°	25,03	41,72	90,12
25°	25,96	43,27	90,35
26°	27,07	45,11	90,62
27°	28,00	46,67	90,85
28°	29,10	48,51	91,15
29°	30,12	50,20	91,41
30°	31,05	51,76	91,67
31°	32,07	53,45	91,96
32°	33,09	55,15	92,26
33°	34,10	56,85	92,58
34°	35,04	58,40	92,87
35°	36,06	60,10	93,20
36°	37,08	61,80	93,52
37°	38,10	63,50	93,87
38°	39,03	65,05	94,19
39°	40,05	66,75	94,54
40°	41,00	68,30	94,89
41°	42,10	70,14	95,26
42°	43,02	71,70	95,61
43°	44,00	73,25	95,90
44°	45,00	75,00	96,36

Folosind tabelul 4.7 este suficient să citim tensiunea U_3, pentru a determina unghiul de defazaj dintre tensiunile U_1 și U_2.

După cum se observă, în cazul cînd se verifică un releu RCS, cu $U_1 = 60$ V și $U_2 = 100$ V valorile tensiunii U_3 sînt foarte apropiate, citirile pe voltmetrul V_3 făcîndu-se mai greu.

Pentru a avea o precizie suficientă în acest caz, este necesar ca voltmetrul V_3 să aibă clasa de precizie cel puțin 0,2 și eventual afișaj numeric.

4.4.2.2. **Fixarea și verificarea valorii de reglaj a releului RCS.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valorile date prin planul de reglaje.

5. Dispozitive pentru automatizare utilizate în stații electrice și posturi de transformare

5.1. Regulatorul automat de tensiune RATT-3 pentru transformatoare cu reglaj sub sarcină

5.1.1. *Mod de funcționare, caracteristici tehnice*

RATT-3 [2; 19; 20] este un dispozitiv utilizat pentru reglarea automată a tensiunii secundare a transformatoarelor de putere prevăzute cu comutatoare de reglaj sub sarcină.

Față de o valoare de consemn fixată U_{cons}, regulatorul permite menținerea constantă a tensiunii pe barele alimentate de transformatorul prevăzut cu RATT-3, în limitele unei valori $U_{cons} \pm e$ (fig. 5.1).

Mărimea e, denumită *insensibilitatea reglajului*, reprezintă zona în care tensiunea de pe bara alimentată de transformatorul de putere nu determină acționarea RATT-3.

În fig. 5.1, cu linie plină s-a reprezentat modul de variație a amplitudinii tensiunii pe bara alimentată de transformatorul prevăzut cu RATT-3, iar punctat, modul de variație a amplitudinii tensiunii în situația cînd nu ar fi existat RATT-3.

Pentru a evita acționarea frecventă a comutatorului de ploturi în cazul apariției unor variații de tensiune trecă-

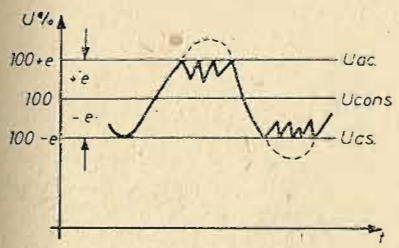


Fig. 5.1.

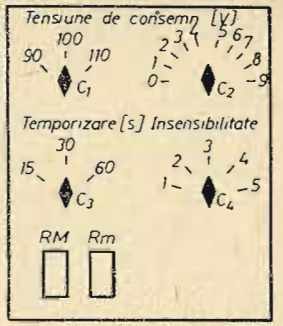


Fig. 5.2.

toare, RATT-3 este prevăzut cu o temporizare la acționare, reglabilă în trei trepte fixe. Tensiunea de consemn, insensibilitatea reglajului și temporizarea la acționare se reglează cu ajutorul comutatoarelor C_1, C_2, C_3 și C_4, de pe panoul frontal al dispozitivului (fig. 5.2).

În funcționare, față de valorile fixate pe regulator, pot apare anumite erori, care se determină astfel:

— *Eroarea relativă a tensiunii de consemn* ε_{uc} [%]

$$\varepsilon_{uc}\,[\%] = \frac{\frac{U_{ac}+U_{as}}{2} - U_{cons}}{U_{cons}} \times 100 \qquad (5.1)$$

în care:

U_{cons} este tensiunea de consemn fixată pe regulator [V];

U_{ac} — valoarea minimă a tensiunii la care acționează regulatorul, atunci cînd tensiunea de intrare crește peste valoarea de consemn fixată [V];

U_{as} — valoarea maximă a tensiunii la care acționează regulatorul, atunci cînd tensiunea de intrare scade sub valoarea de consemn fixată.

— *Eroarea relativă a insensibilității reglajului* ε_e [%]

$$\varepsilon_e\,[\%] = \frac{U_{ac}-U_{as}}{2U_{cons}} \times 100 - e \qquad (5.2)$$

în care e este insensibilitatea stabilită pe regulator.

— *Eroarea relativă a temporizării la acționare* ε_T [%]

$$\varepsilon_T\ [\%] = \frac{T_m - T}{T} \times 100 \qquad (5.3)$$

în care :

T_m este temporizarea măsurată ;

T — temporizarea stabilită pe regulator.

Regulatorul se conectează în instalație ca în fig. 5.3.

Contactul *RM* aparține releului *RM*, care se excită la creșterea tensiunii pe bara supravegheată peste valoarea de consemn.

Contactul *Rm* aparține releului *Rm*, care se excită la scăderea tensiunii pe bara supravegheată sub valoarea de cunsemn.

Conectarea punții *11—12* este obligatorie, cînd RATT-3 nu se conectează împreună cu dispozitivul de compensare DCRTT-1.

Principalele caracteristici tehnice ale RATT-3 sînt [2 ; 20]:

— tensiunea de consemn : 90...119 V în trepte de 1 V ;

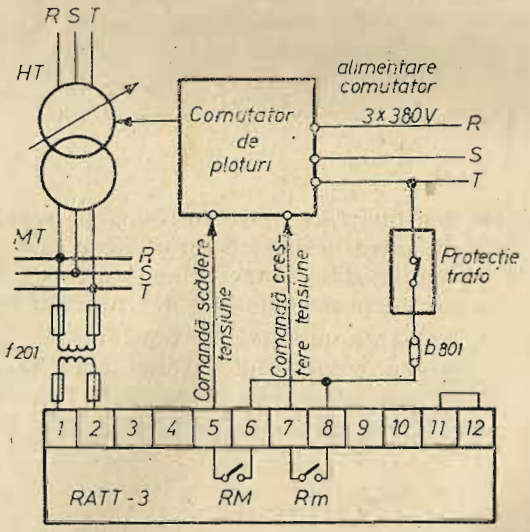


Fig. 5.3.

— frecvența 45...55 Hz ;

— insensibilitatea reglajului : 1...5% în trepte de 0,5% ;

— domeniul de funcționare : 80...120% din tensiunea de consemn ;

— temporizarea la acționare : 15, 30, 60 s ;

— temperatura de lucru : —15...35°C ;

— consum 4 VA ;

— impuls de comandă : 1,2 s prin contact de releu RI-8 ;

— precizia în domeniul de funcționare și la variația de temperatură admisă :

— tensiunea de consemn : ±1%

— insensibilitatea : ±0,2%

— temporizarea : ±15%.

5.1.2. *Verificarea dispozitivului RATT-3*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

5.1.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare a RATT-3.**

a) *Verificarea corectei etalonări a scalei pentru reglajul tensiunii de consemn.* Verificarea corectei etalonări a scalei pentru reglajul tensiunii de consemn se execută utilizînd montajul din fig. 5.4. Comutatorul de insensibilitate se așază pe poziția *2*. Pentru ca verificările să nu fie dependente de temporizare, se așază fișele *U* din interiorul dispozitivului (așezate în partea de sus) pe poziția de verificare. Prin aceasta, temporizarea regulatorului se reducc la aproximativ o secundă.

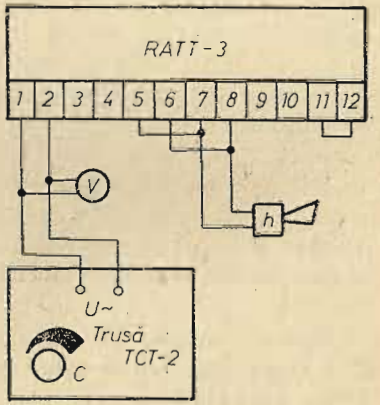


Fig. 5.4.

Cu ajutorul comutatoarelor C_1 și C_2 se fixează U_{cons}, la 90 V.

Se reglează tensiunea de lucru la 90 V. După aproximativ 15 min de la conectare, timp necesar încălzirii regulatorului, se acționează mînerul C, în sensul creșterii tensiunii.

Se determină tensiunea U_{ac} la care acționează releul RM. Revenind la valoarea de 90 V, se scade apoi tensiunea și se determină valoarea U_{as} pentru care se excită Rm.

Manevrele trebuie să se execute lent, deoarece dispozitivul păstrează o temporizare la acționare de circa o secundă.

Se procedează în mod analog pentru tensiunile de consemn de 95 ; 100 ; 105 și 110 V, rezultatele trecîndu-se într-un tabel de forma tabelului 5.1.

Tabelul 5.1

Reglaj U_{cons}	90	95	100	105	110
U_{ac} [V]					
U_{as} [V]					
U_{cons} [V]					
ε_{uc} [%]					

Pentru fiecare punct de mai sus, se determină tensiunea de consemn :

$$U_{cons} = \frac{U_{ac} + U_{as}}{2} \text{ [V]} \qquad (5.4)$$

precum și eroarea relativă a tensiunii de consemn, care nu trebuie să depășească valorile indicate la datele tehnice ale releului.

Pentru precizia măsurărilor, se recomandă ca voltmetrul V din fig. 5.4 să aibă clasa de precizie 0,2.

b) *Verificarea corectei etalonări a scalei pentru insensibilitatea reglajului.* Verificarea se execută utilizînd montajul

din fig. 5.4, în care se fixează tensiunea de consemn la o anumită valoare, de exemplu 100 V. Se fixează apoi butonul pentru insensibilitatea reglajului la prima diviziune a scalei. Cu respectarea modului de lucru amintit mai sus, se determină U_{ac} și U_{as}. Se repetă operația în mod identic și pentru celelalte puncte de reglaj ale insensibilității. Rezultatele se introduc într-un tabel (tabelul 5.2), calculîndu-se pentru fiecare punct în parte, insensibilitatea reglajului cu formula :

$$e = \frac{U_{ac} - U_{as}}{2U_{cons}} \qquad (5.5)$$

Tabelul 5.2

Insensibilitate	1	2	3	4	5
U_{ac} [V]					
U_{as} [V]					
insensibilitatea măsurată e					

De asemenea se calculează eroarea relativă a insensibilității reglajului ε_e [%]. Valorile obținute nu trebuie să depășească pe cele date de fabrica constructoare.

c) *Verificarea corectei etalonări a scalei pentru temporizare la acționare.* Se execută montajul din fig. 5.5, în care releul RI este un releu intermediar de curent continuu, iar R este un reostat.

Pentru executarea măsurătorilor, fișele U se trec pe poziția „în funcțiune" (stînga), insensibilitatea reglajului pe poziția *3* sau *4*, iar butonul pentru alegerea temporizării, pe diviziunea 15 s. Așa cum se observă, dispozitivul RATT-3 este alimentat de la bornele de 100 Vc.a. ale trusei curent-tensiune (la aceste borne apare o tensiune de aproximativ 100 V, cînd trusa este conectată la rețea, indiferent dacă este anclanșată sau declanșată).

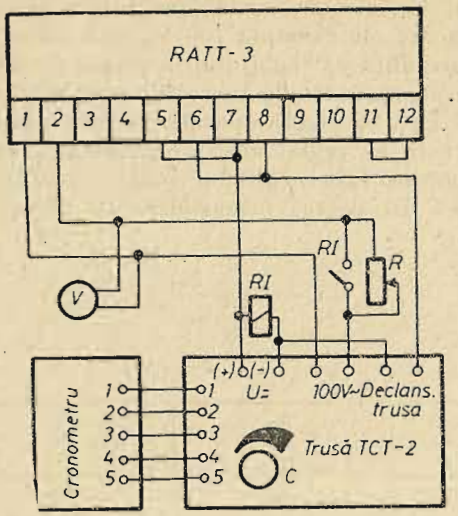


Fig. 5.5.

Se așază reostatul R pe poziția zero și alimentînd trusa, se măsoară tensiunea debitată la bornele de 100 Vc.a. Presupunînd de exemplu că această tensiune este de 99 V, se manevrează reostatul R pînă cînd tensiunea aplicată la bornele *1—2* ale RATT-3 va fi de numai 94 V. Anclanșînd trusa, se fixează tensiunea de alimentare a releului *RI*. Această operație fiind terminată, se deconectează trusa și se anulează indicația cronometrului. U_{cons} se fixează la 94 V.

Așa cum este realizată schema din fig. 5.5, la anclanșarea trusei, releul *RI* se va excita, scurtcircuitînd reostatul R prin contactul *RI*. RATT-3 va fi alimentat cu o tensiune mai mare decît U_{cons} reglat și, ca atare, după scurgerea timpului fixat, va acționa releul *RM*, care va comanda declanșarea trusei. Pentru fiecare poziție a comutatorului pentru alegerea temporizării, se execută cîte trei măsurări, făcîndu-se apoi media lor.

Pentru a măsura temporizarea la acționare a releului *Rm*, în locul contactului normal deschis al lui *RI* se utilizează un contact normal închis al acestuia. Se reglează tensiunea

de consemn la o valoare egală cu tensiunea măsurată la bornele de 100 Vc.a. ale trusei (în cazul nostru 99 V).

La conectarea trusei, prin excitarea releului *RI*, RATT-3 va fi alimentat cu o tensiune mai mică decît U_{cons} și va acționa deci *Rm*. Rezultatele măsurărilor se trec într-un tabel de forma tabelului 5.3, erorile netrebuind să depășească $\pm 15\%$.

Tabelul 5.3

Temporizare	15 s		30 s		60 s	
	RM	*Rm*	*RM*	*Rm*	*RM*	*Rm*
1						
2						
3						
media						
ε_r [%]						

d) *Verificarea blocării funcționării RATT-3 la tensiuni situate în afara domeniului de lucru.* Pentru efectuarea acestei verificări se utilizează montajul din fig. 5.4. Fișele U se trec din nou pe poziția de verificare. Se fixează tensiunea de consemn la 90 V și comutatorul de insensibilitate pe poziția *1*.

Mînerul C al trusei curent-tensiune fiind în poziție minimă, tensiunea aplicată dispozitivului va fi nulă. Se verifică, că acesta nu trimite nici un fel de impuls. Se crește lent tensiunea și se determină valoarea U_{as} la care *Rm* acționează pentru prima dată. Această valoare trebuie să fie aproximativ egală cu $0{,}8\ U_{cons}$ (72 V). Se crește în continuare tensiunea și se determină valoarea U_{ac} la care *RM* a acționat ultima oară. Acea valoare trebuie să fie aproximativ egală cu $1{,}2\ U_{cons}$ (108 V).

Se repetă operația pentru $U_{cons} = 119$ V. Dispozitivul poate fi considerat corespunzător din punct de vedere al

acestei probe, dacă şi în acest caz domeniul de funcţionare este cuprins între 0,8 U_{cons} şi 1,2 U_{cons}.

5.1.2.2. **Fixarea şi verificarea valorilor de reglaj ale dispozitivului RATT-3.** Se execută conform celor prezentate, pentru valorile date prin planul de reglaje.

5.2. Dispozitiv DCRTT-1 pentru compensarea în funcţie de curent a regulatorului automat de tensiune tip RATT-3

5.2.1. *Mod de funcţionare, conectare în instalaţie, caracteristici tehnice*

Aşa cum s-a văzut la § 5.1, dispozitivul RATT-3 are menirea să menţină constantă tensiunea pe bara alimentată de înfăşurarea secundară a transformatorului, asupra căruia acţionează.

Dacă există însă consumatori alimentaţi de pe aceste bare prin linii lungi, datorită variaţiilor curentului de sarcină, variază şi căderea de tensiune pe aceste linii. Ca atare, tensiunea la consumatorul alimentat poate să nu mai fie constantă.

Dispozitivul DCRTT-1 [2 ; 19 ; 20] este astfel realizat, încît introduce în circuitul de alimentare a regulatorului RATT-3 o cădere de tensiune artificială du proporţională cu curentul de sarcină (fig. 5.6). Se micşorează astfel, valoarea tensiunii aplicate la intrarea regulatorului şi acesta va

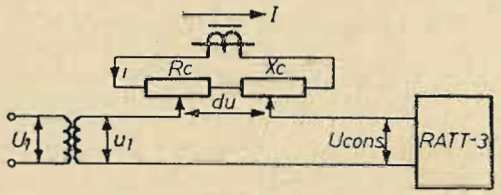


Fig. 5.6.

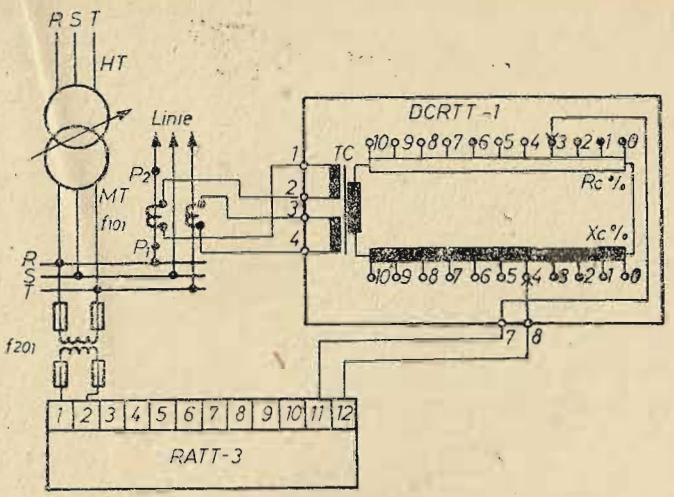


Fig. 5.7.

emite impulsuri de comandă pînă cînd tensiunea U_1 va fi suficient de mare ca să compenseze căderea artificială de tensiune du.

Ca realizare practică, dispozitivul de compensare DCRTT-1 (fig. 5.7) se compune dintr-un transformator TC, o rezistenţă Rc şi o reactantă Xc prevăzute cu zece prize.

Raportul de transformare al TC şi valorile pentru Rc şi Xc sînt astfel alese încît la un curent nominal de 5 A în primar, căderea totală de tensiune (pe rezistenţa şi reactanţa de compensare) este egală cu 10% din tensiunea nominală de alimentare a RATT-3.

Compensarea este optimă atunci cînd căderea de tensiune pe linie este egală cu căderea de tensiune artificială du, adică atunci cînd :

$$R_c\,[\%] = \frac{\sqrt{3} I_n \cdot l \cdot r_0}{U_n} \cdot 100 \qquad X_c\,[\%] = \frac{\sqrt{3} I_n \cdot l \cdot x_0}{U_n} \cdot 100$$

în care :

I_n este curentul nominal al primarului transformatorului de curent de pe linia care trebuie compensată [A] ;

U_n — tensiunea nominală a primarului transformatorului de tensiune care alimentează RATT-3 [V];

l — lungimea liniei [km];

r_0, x_0 — rezistența și reactanța kilometrică a liniei [Ω/km];

R_c, X_c — valorile de compensare care trebuiesc fixate pe DCRTT-1, pentru a obține compensarea optimă.

Principalele caracteristici tehnice ale DCRTT-1 sînt:

— curentul nominal: 5 A, 50 Hz;

— compensare: 0...10%, în trepte de 1%, pentru R_c;
0...10%, în trepte de 1%, pentru X_c;

— consumul în circuitul de curent: cca 2 × 2 VA;

— stabilitatea termică: 100 A, 5 s.

5.2.2. *Verificarea dispozitivului DCRTT-1*

Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

5.2.2.1. **Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului DCRTT-1.** Conform [2; 20], la verificarea DCRTT-1 se execută:

a) *Verificarea valorii tensiunii de ieșire, pentru curentul nominal de intrare.* Proba se execută utilizînd montajul din fig. 5.8. Înfășurările primare ale *TC* sînt înseriate și alimentate cu un curent monofazat egal cu $\frac{\sqrt{3}}{2} I_n$ (adică 4,34 A). Comutatoarele pentru reglajul lui R_c și X_c se fixează pe valoarea maximă.

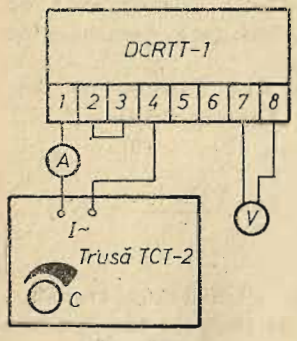


Fig. 5.8.

Tensiunea măsurată la bornele 7—8 trebuie să fie cuprinsă între 6 și 6,3 V.

b) *Verificarea proporționalității dintre curentul de intrare și tensiunea de ieșire.* Această probă se execută

utilizînd tot montajul din fig. 5.8, în care se aplică succesiv DCRTT-1, curenții indicați în tabelul 5.4. Comutatoarele pentru alegerea valorilor lui R_c și X_c trebuie să se găsească pe poziția maximă. Valorile tensiunilor măsurate la bornele 7—8 trebuie să nu difere de cele din tabel cu mai mult de ±5%.

Tabelul 5.4

I [A]	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 5$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 4$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 3$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 2$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 1$
U [V]	U_n	$0{,}8U_n$	$0{,}6U_n$	$0{,}4U_n$	$0{,}2U_n$

În tabelul 5.4, U_n reprezintă valoarea tensiunii măsurate la punctul a).

c) *Verificarea repartiției uniforme a tensiunii pe prizele rezistenței și inductanței.* Se utilizează montajul din fig. 5.8. Se alimentează DCRTT-1 cu un curent de 4,34 A $\left(\frac{\sqrt{3}}{2} I_n\right)$. Se fixează R_c pe poziția zero, iar X_c pe poziția 10%. În acest caz la bornele 7—8 se obține o tensiune de 4...4,3 V. Trecînd comutatorul X_c pe pozițiile notate în tabelul 5.5, tensiunea obținută la bornele 7—8 trebuie să fie egală cu cea indicată în tabel. Se repetă operația cu comutatorul X_c pe poziția zero și R_c variabil. Rezultatele trebuie să fie identice.

În tabelul 5.5, U_{10} reprezintă valoarea tensiunii măsurate la bornele 7—8 ale DCRTT-1, cînd $R_c = 0$, iar $X_c = 10$.

Tabelul 5.5

Poziție comutator	2	4	6	8	10
U	$0{,}2U_{10}$	$0{,}2U_{10}$	$0{,}6U_{10}$	$0{,}8U_{10}$	$1U_{10}$

5.1.2.2. **Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale dispozitivului DCRTT-1.** Se execută în modul prezentat mai sus, pentru valorile date prin planul de reglaje.

5.3. Dispozitive pentru reanclanşare automată rapidă, RAR

5.3.1. *Generalităţi*

Dispozitivele de RAR sînt instalaţii care realizează reanclanşarea automată rapidă a întreruptoarelor liniilor ce au fost declanşate prin protecţie.

Reanclanşarea trebuie să aibă loc după un timp care să nu depăşească cu mult timpul necesar stingerii arcului electric la locul defectului. Acest timp se numeşte pauză de RAR.

În reţelele de medie tensiune, unde scurtcircuitele sînt polifazate, sînt utilizate dispozitive de RAR trifazate.

În reţelele de înaltă tensiune, se utilizează atît dispozitive de RAR trifazate, cît şi dispozitive de RAR monofazate. În acest din urmă caz, întreruptoarele folosite trebuie să aibă acţionare separată pe fiecare fază.

În funcţie de nivelul de tensiune al instalaţiilor, eficacitatea RAR poate fi cuprinsă între 50—90% RAR reuşite în cazul liniilor electrice aeriene şi între 40—60% RAR reuşite, în cazul liniilor electrice în cablu.

Pentru a fi eficiente, dispozitivele de RAR trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— Reanclanşarea trebuie să se producă numai la declanşarea întreruptorului prin protecţie.

— Dispozitivul trebuie să poată fi folosit cu orice tip de întreruptor şi cu orice tip de protecţie, iar eventualele defecţiuni apărute în dispozitiv sau scoaterea sa din funcţiune nu trebuie să împiedice funcţionarea protecţiei.

— Comanda de anclanşare dată prin dispozitiv trebuie să aibă o durată suficientă pentru a asigura anclanşarea întreruptorului.

— În cazul extinderii defectului sau apariţiei unui nou defect în pauza de RAR, dispozitivul trebuie să comande declanşarea trifazată definitivă.

— După efectuarea unui ciclu de RAR, dispozitivul trebuie să revină automat în starea iniţială, după o perioadă

de timp în care nu se mai poate produce nici o reanclanşare. Această perioadă se numeşte „perioadă de blocaj".

— În cazul cînd după efectuarea unui ciclu de RAR defectul persistă, dispozitivul trebuie să comande o declanşare trifazată definitivă, sau de la caz la caz, un al doilea ciclu.

— Dispozitivul nu trebuie să producă reanclanşarea întreruptorului la declanşarea voită a acestuia sau cînd declanşarea prin protecţie urmează imediat după o comandă de anclanşare manuală.

— Dispozitivul de RAR nu trebuie să permită reanclanşarea cînd declanşarea este provocată de anumite protecţii sau automatizări (protecţia diferenţială de bare, DRRI, AAR etc.).

5.3.2. *Dispozitive de RAR utilizate în România. Utilizare, principiu de funcţionare, caracteristici*

5.3.2.1. **Dispozitiv de RAR tip RARS.** Dispozitivul de RAR tip RARS, produs de ICEMENERG, este utilizat de regulă pentru reanclanşarea întreruptoarelor liniilor de medie tensiune. El este realizat cu un singur ciclu de funcţionare.

În fig. 5.9 este prezentată schema interioară şi modul de conectare în instalaţie a dispozitivului RARS.

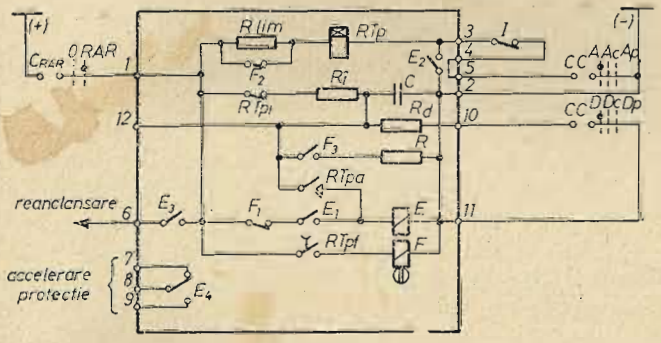


Fig. 5.9.

Punerea în funcțiune a acestuia, se face conectînd cheia de RAR, C_{RAR}. Prin aceasta, condensatorul C se încarcă datorită circuitului format între borna *1*, contactul instantaneu *RTpi*, rezistența R_t, condensatorul C și borna *2* a dispozitivului. Datorită rezistenței R_t, timpul de încărcare al condensatorului C este de minim 20 s.

Dacă întreruptorul liniei declanșează prin protecție, prin circuitul format de cheia de comandă și contactul auxiliar normal închis I (al întreruptorului), se excită bobina releului de timp *RTp*.

În urma deschiderii contactului RT_{pi} și închiderii temporizate a contactului pasager *RTpa*, condensatorul C se va descărca pe bobina releului intermediar E, care excitîndu-se, se automenține prin contactele E_1, E_1 și trimite un impuls de reanclanșare prin contactul E_3.

Prin închiderea contactului E_2, bobina releului *RTp* va fi în continuare alimentată, deși contactul auxiliar I al întreruptorului s-a deschis (ca urmare a reanclanșării acestuia).

În momentul închiderii contactului *RTpf*, se excită releul F și astfel se dezexcită releul E. Odată cu aceasta, se întrerupe și impulsul de reanclanșare (prin deschiderea contactului E_3).

Rezultă că durata impulsului de reanclanșare este dată de diferența dintre reglajele celor două contacte *RTpf* și *RTpa*.

Prin închiderea contactului F_3, condensatorul C se descarcă complet pe rezistența R, astfel încît, în cazul unei noi declanșări prin protecție (RAR nereușit), acesta nu mai este capabil să producă o nouă reanclanșare.

În urma dezexcitării releului E, se deschide contactul E_2, astfel că releul *RTp* se dezexcită și el. Prin deschiderea contactului *RTpf*, se dezexcită releul F. Prin închiderea contactului *RTpi* condensatorul C începe din nou să se încarce, astfel că după scurgerea timpului necesar încărcării, dispozitivul este pregătit pentru o nouă reanclanșare.

În cazul efectuării unei comenzi de declanșare prin cheia de comandă, se întrerupe circuitul de alimentare al bobinei releului de timp *RTp*. Condensatorul C se va descărca pe rezistența de descărcare R_d, blocîndu-se astfel funcționarea dispozitivului.

Principalele caracteristici tehnice ale RARS sînt:

— releul intermediar E — tip *RI-10 C*;

— releul intermediar F — tip *RI-10 A*;

— releul de timp *RTp* — tip *RTpa-5*;

— tensiunea nominală: 24; 48; 110; 220 Vc.c. (—20% ; +10%);

— timpul pauzei de RAR: reglabil, 0,3 ÷ 3,4 s;

— timpul de blocare după o funcționare: cca 20 s;

— felul reanclanșării: trifazată;

— numărul de cicluri: unu;

— accelerarea protecției: înainte sau după RAR, prin contactul comutator E4.

5.3.2.2. **Dispozitiv de RAR tip RAR-2c.** Dispozitivul RAR-2c [25], fig. 5.10, este destinat reanclanșării automate rapide trifazate a întreruptoarelor liniilor de medie tensiune. El poate efectua unul sau două cicluri de RAR.

Alimentarea dispozitivului, se face printr-un grup de redresare compus din transformatorul *Tr* și puntea cu diode P, la o tensiune alternativă de 100 sau 220 Vc.a., în funcție de poziție eclisei E_1.

Pentru a fi pregătit de funcționare, este necesară închiderea cheii de RAR și așezarea comutatorului pas cu pas C_{pp}, pe o poziție diferită de zero.

C_{pp} este acționat la fiecare declanșare prin protecție la care trebuie să lucreze RAR (bornele *7—8*). El servește la limitarea numărului total de reanclanșări posibile, la valoarea fixată pe C_{pp}.

Cheia de RAR fiind închisă și C_{pp} pe una din pozițiile 1 ÷ 20, releul S se excită și prin contactul său S_1 pregătește circuitul releului M, iar prin contactul S_2 aprinde lampa cu neon L_1, care semnalizează că dispozitivul este în funcțiune.

Din acest moment, condensatoarele *1C* și *2C*, încep să se încarce prin circuitul format de bobina releului de timp *RT*, contactul normal închis al acestuia *RTi*, dioda D_5 sau D_7, respectiv *1Rî* sau *2Rî*.

Rezistențele *1 Rî* sau *2 Rî* sînt astfel dimensionate încît încărcarea condensatoarelor să se producă în 60...100 s.

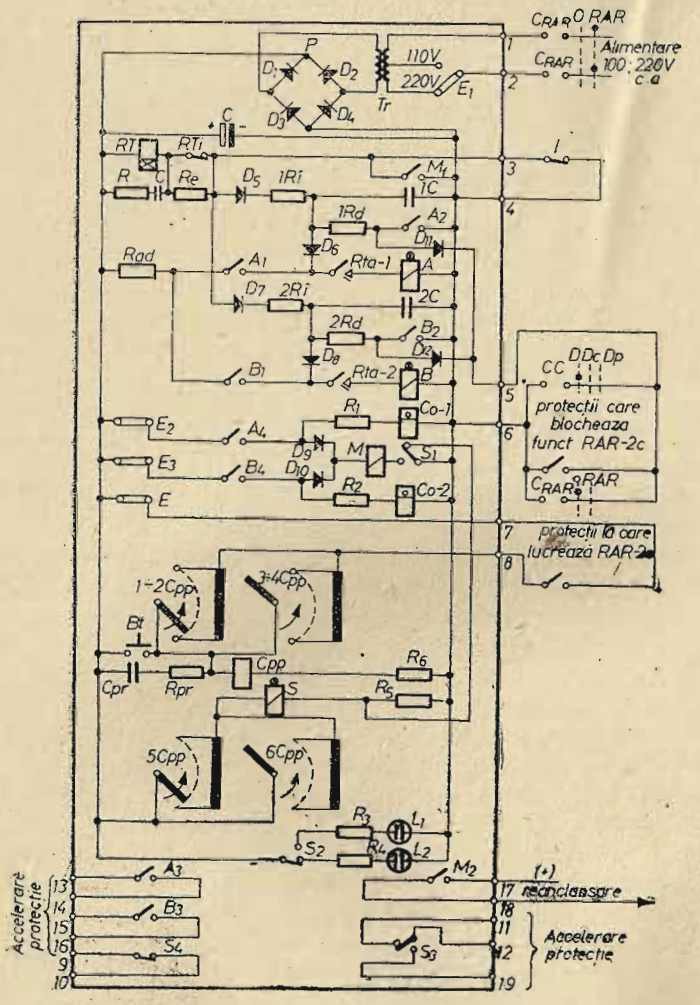


Fig. 5.10.

La declanşarea întreruptorului prin protecţie, contactul auxiliar normal închis *I* al acestuia scurtcircuitează bornele *3—4* ale dispozitivului, excitînd totodată bobina releului *RT*.

După scurgerea timpului reglat corespunzător pauzei de RAR a ciclului I, se închide contactul *Rta-1* şi condensatorul *1 C* se descarcă pe bobina releului *A*, care anclanşează. Prin contactul A_4 al releului *A*, se alimentează releul *M* şi contorul de impulsuri *Co-1*, dacă eclisa E_2 se află în poziţia conectat.

Prin închiderea contactului A_2, se realizează descărcarea rapidă şi completă a condensatorului *1 C* pe rezistenţa *1 Rd*, astfel că *1 C* nu va mai fi capabil decît după 60...100 s de la revenirea dispozitivului în starea iniţială, să producă o nouă excitare a releului *A*. Prin aceasta se realizează autoblocarea dispozitivului în faţa unor serii de anclanşări şi declanşări repetate în caz de defect persistent pe linie.

Prin contactul M_2 al releului *M*, dispozitivul comandă reanclanşarea întreruptorului.

Contactul M_1 realizează scurtcircuitarea clemelor *3—4* pe toată perioada închiderii contactului alunecător *RTa-1* al releului de timp, asigurînd astfel o durată de 1...1,5 s a impulsului de anclanşare.

În situaţia cînd defectul a fost eliminat prin RAR ciclul I, întreruptorul rămîne anclanşat. Dacă defectul persistă, protecţia va acţiona din nou şi va declanşa întreruptorul.

Deoarece condensatorul *1 C* nu a avut timp suficient să se încarce, la închiderea contactului *Rta-1* releul *A* nu se va mai excita. În schimb, la închiderea contactului *Rta-2*, corespunzător pauzei de RAR a ciclului II, se va excita contorul *CO-2* şi releul *B*, care va comanda prin contactul B_4 şi eclisa E_3, excitarea releului *M* şi apoi o nouă reanclanşare.

Dacă defectul nu a fost eliminat nici de astă dată, atunci protecţia va declanşa din nou întreruptorul. Deşi releul *RT* se va excita, o nouă reanclanşare nu va mai avea loc, deoarece condensatoarele *1 C* şi *2 C* nu au avut timp suficient să se încarce.

Blocarea RAR-2c la comenzi de declanşare a întreruptorului prin cheia de comandă se realizează prin descărcarea

condensatoarelor *1 C* și *2 C*, ca urmare a scurtcircuitării bornelor *5* și *6* prin intermediul cheii de comandă (în situația acționării acesteia în sensul declanșării întreruptorului).

Principalele caracteristici tehnice ale dispozitivului sînt:

— numărul de cicluri : unul sau două, la alegere ;

— felul reanclanșării : trifazată ;

— tensiunea nominală : 100 Vc.a. sau 220 Vc.a. ;

— consumul maxim : — 17 VA în repaus ;

— 36 VA în timpul acționării ;

— timpul pauzei de RAR în ciclul I sau II, reglabil în limitele $2 \div 20$ s ;

— timpul de blocaj al fiecărui ciclu : $60 \div 100$ s ;

— durata impulsului de reanclanșare : 1,...1,5 s ;

— variația admisibilă a tensiunii alternative de alimentare a dispozitivului : $-20\% \ldots +10\%$, față de valoarea nominală.

5.3.2.3. **Dispozitiv de RAR tip RAR-T.** Dispozitivul de RAR tip RAR-T [26], fig. 5.11, este produs de ICEMENERG. El efectuează reanclanșări automate rapide trifazate cu un singur ciclu, fiind destinat în general reanclanșării liniilor de 110 kV.

Dispozitivul RAR-T este pregătit pentru funcționare, dacă cheia de RAR se află pe poziția „RAR în funcțiune".

Pentru pornirea dispozitivului, este necesar ca în borna *3*, să se primească un impuls de la releele de execuție ale protecțiilor de la care se dorește reanclanșarea automată rapidă. Se excită astfel releul *P*, care prin contactul P_4 execută comanda de declanșare, iar prin contactul P_2, excită releul *MP*.

Releul *MP* se automenține prin contactul MP_1, iar prin contactul MP_3 excită releul *RTB*.

Dacă după declanșarea liniei sînt îndeplinite condițiile de lipsă tensiune sau controlul sincronismului, se excită releul de timp *RTp* (prin contactul MP_2).

După scurgerea timpului reglat al pauzei de RAR se închide contactul *RTpa*, care prin contactul G_3 normal închis excită releul *A*, ce se automenține la rîndul lui prin contactul A_2.

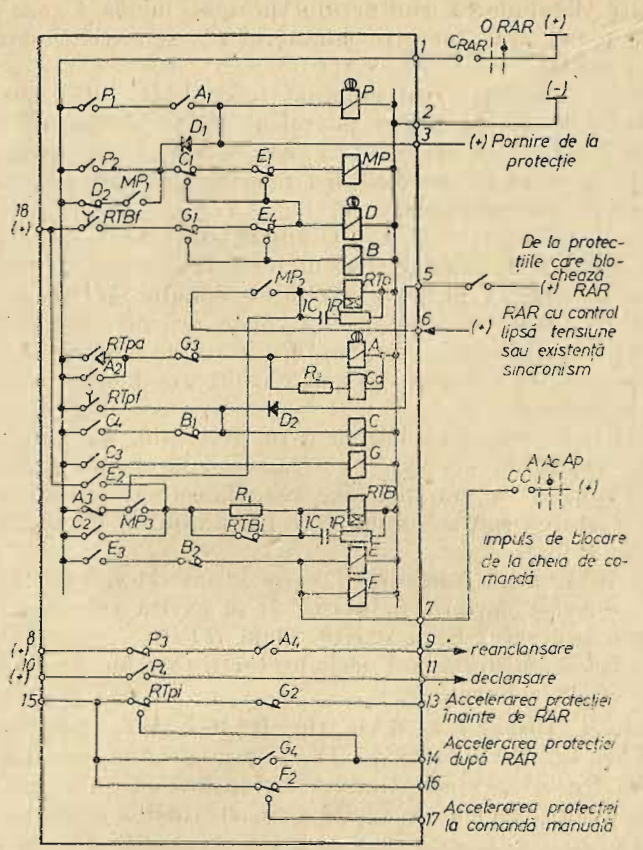


Fig. 5.11.

Prin contactul A_4, releul *A* comandă reanclanșarea întreruptorului, iar prin contactul A_3, dezexcită releul de blocaj *RTB*, care revine în poziția inițială.

Releul *RTp* rămîne în continuare atras (prin contactul închis A_3) și prin închiderea contactului *RTpf* excită releele *C* și *G*, care se automențin prin contactul C_4.

Contactul G_3 întrerupe alimentarea releului *A*. Rezultă că durata impulsului de reanclanșare este egală cu diferența dintre reglajele lui *RTpf* și *RTpa*.

Prin deschiderea contactului normal închis C_1, se dezexcită releul MP, iar prin contactul C_2, se excită releul de blocaj RTB.

Dacă defectul a fost eliminat prin RAR, după trecerea timpului de blocaj reglat pe releul RTB, se închide contactul $RTBf$. Prin aceasta se excită releul B, care prin contactul B_1, duce la dezexcitarea releelor C și G, schema revenind în starea inițială.

Dacă defectul nu a fost eliminat prin RAR, se va produce o nouă declanșare. Releul RTB fiind excitat, releul P nu va mai putea produce excitarea releului MP prin contactul P_2, deoarece contactul C_1 este deschis. Dispozitivul RAR-T fiind blocat, întreruptorul rămîne declanșat.

Blocarea funcționării dispozitivului are loc și în următoarele situații:

a) Cînd după declanșarea prin protecție, nu sînt îndeplinite condițiile de lipsă tensiune sau controlul sincronismului (nu se va mai produce reanclanșarea, schema revenind la starea inițială după trecerea timpului de blocaj reglat pe RTB).

b) În situația anclanșării voite a întreruptorului (datorită „plusului" primit în borna 7, se excită releele E și F iar prin contactul E_2 se excită releul RTB).

c) Dacă au funcționat acele protecții care blochează RAR (apare (+) în borna 5).

5.3.2.4. **Dispozitiv RAR tip RAR-1 MT.** Dispozitivul de RAR tip RAR-1 MT [2; 27; 28], produs de ICEMENERG, fig. 5.12, este destinat reanclanșării cu un singur ciclu a liniilor din rețelele de înaltă și foarte înaltă tensiune.

În funcție de poziția cheii de RAR, dispozitivul RAR-1 MT permite realizarea următoarelor regimuri de funcționare:

1) *Cheia de RAR pe poziția RAR monofazată (M).* La scurtcircuite monofazate, are loc o declanșare monofazată pe faza defectă, urmată de reanclanșarea acesteia. La scurtcircuite polifazate sau monofazate evolutive în pauza de RAR, are loc o declanșare trifazică definitivă.

2) *Cheia de RAR pe poziția RAR monofazată sau trifazată (M + T).* La scurtcircuite monofazate, are loc o declanșare monofazată pe faza defectă, urmată de reanclanșarea acesteia. La scurtcircuite polifazate sau monofazate

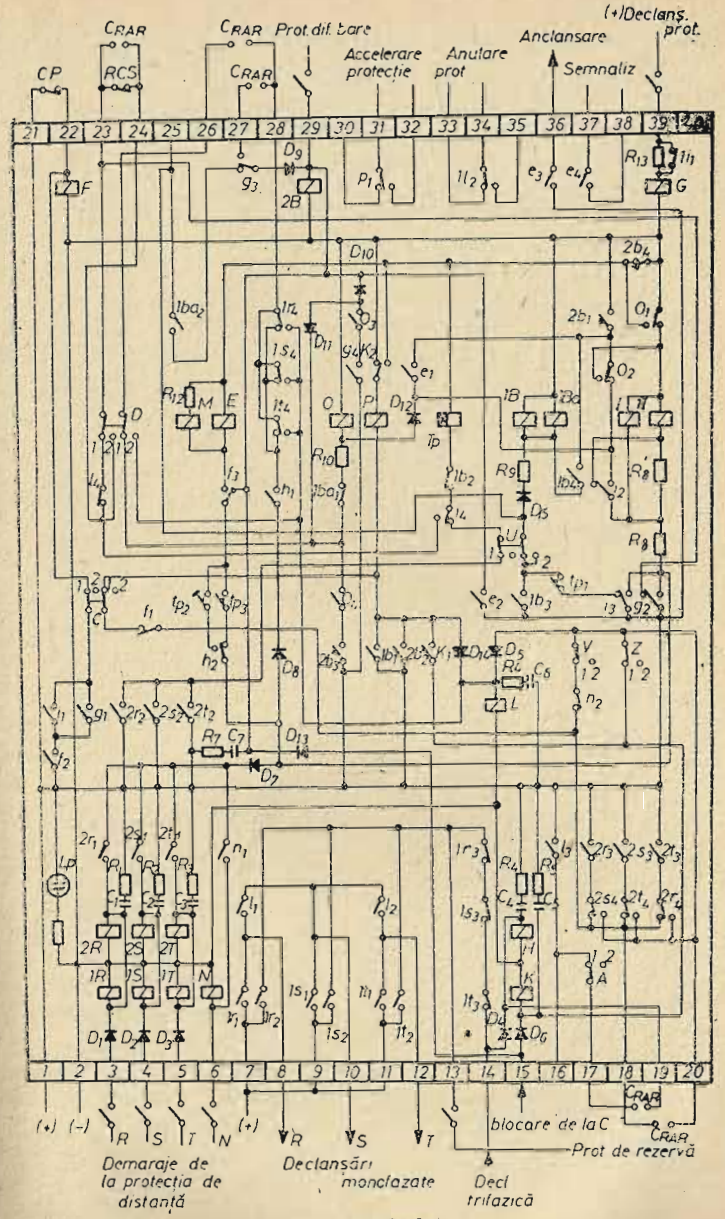


Fig. 5.12.

evolutive în pauza de RAR, are loc o declanşare trifazată, urmată de o reanclanşare trifazată.

3) *Cheia de RAR pe poziţia RAR trifazată (T).* Indiferent de tipul scurtcircuitului are loc o declanşare trifazată, urmată de o reanclanşare trifazată.

Dispozitivul este astfel conceput, încît poate realiza accelerarea protecţiei înainte sau după RAR. La comanda voită de închidere a întreruptorului, dispozitivul de reanclanşare se blochează, iar protecţia este accelerată.

RAR-1 MT se compune din:

— sistemul de selectare a defectului, format din releele: *1R, 1S, 1T, N, 2R, 2S, 2T*;

— elementul de timp *T*, prevăzut cu trei contacte:

— contactul pentru măsurarea pauzei de RAR la scurtcircuite monofazate, tp_3;

— contactul pentru măsurarea pauzei de RAR la scurtcircuite polifazate, tp_2;

— contactul pentru blocarea RAR înaintea trecerii protecţiei de distanţă în treapta a II-a, tp_1;

— releele *G, I* şi *1 I*, pentru iniţierea reanclanşării;

— releele *L* şi *H*, care asigură declanşarea şi reanclanşarea trifazată;

— releele *K* şi *P*, pentru accelerarea protecţiei;

— releul *O*, care menţine pregătit dispozitivul timp de maxim 20 s, pînă la îndeplinirea condiţiilor de sincronism;

— releele *1 B* şi *1 Ba*, pentru blocarea dispozitivului înaintea trecerii în treapta a II-a a protecţiei de distanţă;

— releul *F*, care verifică dacă întreruptorul are condiţii să efectueze reanclanşarea;

— releul *E*, cu o temporizare la revenire de maxim 0,5 s, pentru efectuarea reanclanşării;

— releul *2 B*, cu o temporizare la revenire de maxim 20 s, pentru blocaj.

Dispozitivul dispune de mai multe eclise, cu ajutorul cărora se pot realiza diverse moduri de funcţionare, conform celor prezentate în tabelul 5.6.

Pentru alegerea unuia sau a altuia din programele de funcţionare, cheia de RAR trebuie să efectueze între bornele dispozitivului, conexiunile prezentate în tabelul 5.7.

Tabelul 5.6

Eclisă	poziţia	Moduri de funcţionare
A	*1*	Fără echipament de teleprotecţie
	2	Cu echipament de teleprotecţie
C	*1*	Cu controlul presiunii înaintea declanşării
	2	Cu controlul presiunii în pauza de RAR
D	*1*	Cu controlul sincronismului sau lipsei tensiunii
	2	Fără controlul sincronismului sau lipsei tensiunii
U	*1*	Cu blocarea RAR înaintea treptei a II-a
	2	Fără blocarea RAR sau cu blocare exterioară
V	*1*	Demaraj cu patru elemente
	2	Demaraj cu trei elemente
Z	*1*	Accelerare combinată a protecţiei
	2	Accelerare înainte (după) RAR a protecţiei

Tabelul 5.7

Programul de funcţionare	Bornele RAR-1MT şuntate prin cheie de RAR		
M	23—24	27—28	—
M + T	17—19	26—28	—
T	17—19	18—20	26—28

În cele ce urmează, pentru a înţelege funcţionarea dispozitivului, se va studia comportarea lui la diverse tipuri de defecte, în funcţie de poziţia cheii de RAR.

1) *Defecte monofazate (R — O) în treapta I a protecţiei de distanţă*

1.a) Cheia de RAR se află pe poziţia M.

Ca urmare a defectului monofazat, va demara protecţia de distanţă, excitînd releele *1R, 2R* şi *N* din RAR-1 MT.

Cînd protecţia comandă declanşarea, va apare un impuls în borna 7. Prin contactul $1r_1$ se declanşează faza *R* a întreruptorului.

Pentru inițierea funcționării dispozitivului, concomitent cu impulsul din borna *7*, protecția transmite prin circuite complet separate, un impuls de declanșare și în borna *39*, datorită căruia se excită releul *G*.

Prin închiderea contactului g_2, se excită releele *I* și *1 I*, care se automențin prin contactul i_3.

Releele *1 R*, *2 R* și *N* se automențin prin același contact i_3, dioda D_7, contactele închise $2r_1$ și n_1.

În urma declanșării întreruptorului, impulsul de declanșare din bornele *7* și *39* dispare și releul *G* se dezexcită.

Prin contactul g_2 care a revenit în poziția normal închis, se excită releul de timp *Tp*, prin circuitul format între borna *1*, contactul normal închis g_2, C_{RAR} (borna *23*, *24*), contactul închis i_4 și contactul normal închis $1b_2$.

După trecerea timpului reglat corespunzător pauzei de RAR monofazată, contactul tp_3 se închide, excitînd releul *E* și contorul de impulsuri *M*, prin circuitul format între borna *1*, contactul închis i_3, contactul normal închis h_2, contactul închis tp_3 și contactul închis f_3.

Releul *E* are o temporizare la revenire de 0,5 s. Prin contactul e_3, acesta comandă reanclanșarea întreruptorului, iar prin contactul e_2, se excită releul de blocaj *2 B*.

Prin contactul *2* b_4, care se deschide, se dezexcită releele *Tp*, *E* și contorul *M*.

Prin contactul *2* b_1, care se închide, se dezexcită releele *I*, *1 I* și prin aceasta și *1R*, *2R*, *N*.

După trecerea timpului reglat pe *2B*, dispozitivul revine la starea inițială.

1.b) Cheia de RAR pe poziția $M + T$

În acest caz dispozitivul se comportă aproximativ identic ca mai sus.

Bornele *23—24* sînt șuntate în locul cheii de RAR, de contactul unui releu intermediar montat în paralel cu releul de declanșare la rămînerea în două faze a întreruptorului.

1.c) Cheia de RAR pe poziția *T*

Ca urmare a demarajelor, se excită releele *1 R*, *2 R* și *N*.

Releul *L* se excită prin circuitul format între borna *1*, contactul închis $2r_3$, contactul normal închis $2s_4$, C_{RAR} (bornele *18—20*) și dioda D_5.

În momentul primirii impulsului de declanșare în borna *7*, contactele l_1 și l_2 fiind închise, are loc o declanșare trifazată prin bornele *8*, *10* și *12*.

Releul *H* se excită prin circuitul format între borna *1*, contactul închis l_3 și cheia de RAR (bornele *17—19*).

Prin contactul h_2 se introduce în circuitul releului de declanșare *E* contactul tp_2, corespunzător temporizării în cazul reanclanșării trifazate.

Ca urmare a declanșării întreruptorului, se dezexcită releul *G* și se excită releul de timp *Tp*, prin circuitul format între bornele *1*, contactul normal închis g_2, bornele *23* și *24* (dacă sînt îndeplinite condițiile de lipsă tensiune sau existență a sincronismului), contactul închis i_4 și contactul normal închis $1b_2$.

După trecerea timpului reglat corespunzător reanclanșării trifazate, prin închiderea contactului tp_2 se excită releul *E*.

Prin contactul e_3 se comandă reanclanșarea, iar prin contactul e_2, se excită releul de blocaj *2B*. După dezexcitarea releului *2B*, dispozitivul revine la starea inițială.

În toate situațiile prezentate :

— dacă după efectuarea reanclanșării, defectul a fost eliminat, atunci întreruptorul rămîne anclanșat ;

— dacă defectul pe linie persistă, atunci întreruptorul va fi din nou declanșat prin protecție. Releul *2B* avînd temporizare la revenire, contactul $2b_1$ va fi închis și releele *I* și *1I* nu se mai excită, dispozitivul rămînînd blocat.

2) *Scurtcircuite polifazate R—S în treapta I a protecției de distanță*

2.a) Cheia de RAR pe poziția *M*

Ca urmare a demarajelor primite, se excită releele *1R*, *2R*, *1S*, *2S*.

Releul *L* se excită prin circuitul format de borna *1*, contactul închis $2r_3$, contactul închis $2s_4$ și dioda D_5.

În momentul primirii impulsului de declanșare în borna *7*, contactele l_1 și l_2 fiind închise, are loc o declanșare trifazată prin bornele *8*, *10*, *12*.

Impulsul care a dus la excitarea releului *L* va excita și releul de blocaj *2B* prin contactul închis $1r_4$ sau $1s_4$, C_{RAR} (bornele *27* și *28*) și contactul închis g_3.

Prin aceasta, funcționarea dispozitivului este blocată, nemaiavînd loc o reanclanșare.

2.b) Cheia de RAR pe poziția $M + T$ sau T

Dispozitivul funcționează asemănător ca în situația descrisă anterior (punctul 1c).

Demarajul excită releele *1R*, *2R* și *1S*, *2S*.

Diferențe față de situația prezentată apar datorită modului de excitare a releului *L*. Aceasta se face prin contactul închis $2r_3$, contactul închis $2s_4$ și dioda D_5.

În toate situațiile prezentate :

— dacă defectul a fost eliminat prin RAR, atunci întreruptorul va rămîne anclanșat ;

— dacă defectul persistă, atunci va avea loc o nouă declanșare. Datorită faptului că releul *2B* este excitat, funcționarea dispozitivului va fi blocată și nu se va mai produce o reanclanșare.

3) *Scurtcircuit monofazat sau polifazat în treapta a II-a a protecției de distanță*

Dacă eclisa *U* (tabelul 5.6) se află pe poziția *1*, în cazul unui defect în treapta a *II*-a protecției de distanță, dispozitivul se va autobloca.

Ca urmare a demarajului primit, se vor excita releele *1R*, *2R*, *1S*, *2S* sau *1T*, *2T*, respectiv *1N*.

Deoarece scurtcircuitul este în treapta a II-a, releul de timp *Tp* se va excita prin circuitul format între borna *1*, contactele închise $2r_2$, $2s_2$ sau $2t_2$, eclisa *U*, contactul normal închis i_4 și contactul normal închis $1b_2$, înaintea excitării releului *G*, care inițiază funcționarea dispozitivului.

Întrucît temporizarea contactului tp_1 este reglată sub temporizarea treptei a II-a releului de distanță, prin închiderea contactului tp_1 se vor excita releele *1B* și *1Ba*, prin circuitul format între borna *1*, contactul normal închis i_3, contactul tp_1, eclisa *U*, dioda D_{15} și rezistența R_9.

Prin închiderea contactului $1ba_2$, se excită releul *2B*, blocînd astfel funcționarea dispozitivului.

Principalele caracteristici tehnice ale RAR-1 MT sînt :

— tensiunea nominală : 24 ; 48 ; 110 ; 220 Vc.c. (—20% ... +10%) ;

— cicluri de RAR posibile : M ; M + T ; T ;

— pauza de RAR :

— monofazată : 0,25 ÷ 1,3 s sau 0,3 ÷ 3,5 s ;

— trifazată : 0,15 ÷ 1,3 s sau 0,2 ÷ 3,5 s.

După cum se vede timpul maxim poate fi : 1,3 sau 3,5 s, în funcție de varianta constructivă a dispozitivului de RAR respectiv ;

— blocarea dispozitivului înaintea trecerii protecției de distanță în treapta a II-a :

— limita inferioară posibilă :

0,15 s, pentru varianta 1,3 s ;

0,2 s, pentru varianta 3,5 s ;

— limita superioară : se reglează în funcție de timpul treptei a II-a ;

— durata blocării după un ciclu sau cînd nu este permisă funcționarea : 0...20 s ;

— timpul de așteptare la controlul sincronismului egal cu timpul reglat pentru blocare.

5.3.2.5. **Dispozitiv de RAR tip OZ-33.** Dispozitivul de RAR tip OZ-33, produs de firma ZPA Trutnov din R.S.C. (fig. 5.13), este destinat reanclanșării trifazate cu un singur ciclu a liniilor de înaltă tensiune.

Dispozitivul intră în funcțiune atunci cînd în borna *5* se primește un impuls de la protecțiile după a căror funcționare se dorește reanclanșarea întreruptorului (C_{RAR} este conectată).

Se excită releul *P*. Prin contactul p_1, se trimite un impuls de declanșare întreruptorului.

Contactul p_3 permite excitarea releului de timp *PT*, care se automenține prin contactul *pt01*.

După trecerea timpului reglat al pauzei de RAR, se închide contactul *pt*. Se excită astfel releul *B*, iar prin contactul normal închis V_2, se comandă reanclanșarea întreruptorului. În urma închiderii contactului *b1/2*, se automenține releul *B* și se excită releul de blocaj *BT*. Prin deschiderea contactului instantaneu bt_1, se dezexcită releul *PT*. După trecerea timpului reglat, releul *BT* își închide contactul *bt*, prin care se dezexcită releul *B*. Prin deschiderea contactului *b1/2*, se dezexcită la rîndul său releul *BT* și schema revine în starea inițială. În cazul cînd defectul a fost eliminat prin RAR, întreruptorul rămîne anclanșat.

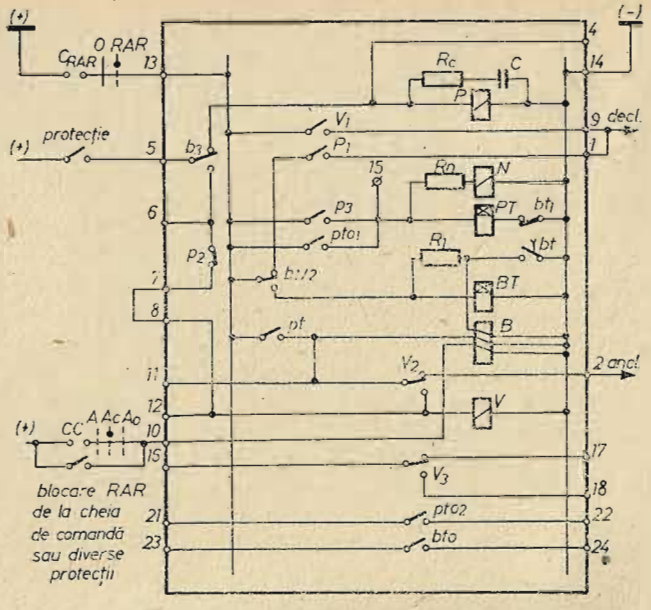


Fig. 5.13.

Dacă defectul persistă, în momentul primirii unui nou impuls de declanşare, prin contactul b_3 se excită releul V (releele B şi BT sînt încă excitate). Prin contactul V_1, se va da o comandă de declanşare definitivă în borna *9*.

Blocarea dispozitivului la impuls de declanşare manuală a întreruptorului sau de la diferite protecţii se face printr-un impuls în borna *10*. Se excită astfel releul B şi apoi BT, blocînd funcţionarea dispozitivului.

Principalele caracteristici tehnice ale dispozitivului OZ-33 sînt :

— tensiunea nominală : 48 ; 110 ; 220 Vc.c. ;
— cicluri de RAR — RAR trifazată ;
— pauza de RAR — maxim 3 s ;
— durata blocării după un ciclu sau cînd nu este permisă funcţionarea, 5 ÷ 20 s.

5.3.2.6. **Dispozitiv de RAR tip OZ-111.** Dispozitivul de RAR OZ-111 (fig. 5.14) este produs de firma ZPA Trut-

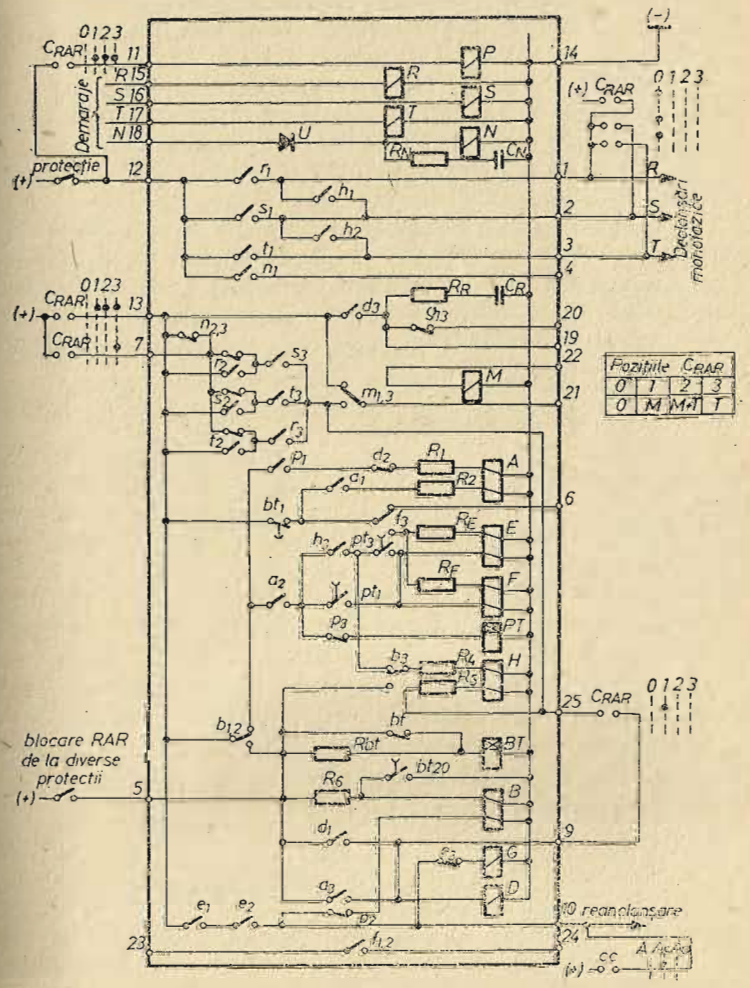


Fig. 5.14.

nov din R.S.C. Ca și dispozitivul RAR-1 MT, OZ-111, este un dispozitiv complex destinat reanclanșării monofazate sau trifazate, cu un singur ciclu de funcționare.

În compunerea dispozitivului intră mai multe grupuri de relee, care au următoarele funcțiuni:

— releele R, S, T, N, sesizează demarajele primite de la protecția de distanță;

— releul H realizează declanșarea trifazată;

— releul M realizează prelungirea treptei rapide a protecției de distanță, la defecte monofazate;

— releul P inițiază funcționarea dispozitivului de RAR, cînd se primește un impuls de declanșare de la protecție;

— releul A asigură menținerea schemei de RAR în funcțiune, pînă la efectuarea comenzii de reanclanșare;

— releul PT realizează pauzele de RAR monofazată sau trifazată;

— releele E și F asigură efectuarea, respectiv menținerea comenzii de reanclanșare;

— releele B, BT și D realizează blocarea dispozitivului la defecte persistente, după o declanșare manuală a întreruptorului etc. Aceste relee asigură de asemenea readucerea dispozitivului în starea inițială, după efectuarea unei comenzi de reanclanșare;

— releul G realizează prelungirea treptei rapide a protecției de distanță, la comanda manuală de închidere a întreruptorului, indiferent de poziția cheii de RAR.

În funcție de poziția cheii de RAR, dispozitivul realizează aceleași regimuri de funcționare ca și RAR-1 MT.

În cele ce urmează vom studia funcționarea dispozitivului, la diverse tipuri de defecte.

1) *Scurtcircuit monofazat ($R - 0$)*

1.a) Cheia de RAR pe poziția M sau $M + T$

Ca urmare a demarajelor primite, se excită releele R și N, din OZ-111. Se închid contactele r_1, r_2, r_3, n_1 și se deschide contactul $n_{2,3}$. Cînd protecția acționează, se emite un impuls de declanșare la bornele *11* și *12* ale dispozitivului de RAR. Se excită releul P, iar prin contactul r_1 închis, este declanșată faza R a întreruptorului. Prin închiderea contactului p_1 se excită releul A, care se automenține prin contactul a_1.

În urma declanșării întreruptorului, se dezexcită releul P astfel că prin circuitul format de contactele $b_{1,2}$, a_2 și p_3, se excită releul PT.

După trecerea pauzei de RAR monofazată, se închide contactul pt_1 excitînd releele E și F, care se automențin prin contactul f_3. Prin contactele e_1 și e_2 se comandă în borna *10* reanclanșarea întreruptorului, iar prin contactul p_2 normal închis, se excită releul de blocaj B. Prin contactul închis $b_{1,2}$, se automenține releul B și se excită releul BT. Prin contactul b_3 se excită releul H. După $2 \div 2{,}5$ s, se deschide contactul bt_1, dezexcitînd releele E și F și întrerupînd astfel impulsul de anclanșare din borna *10*.

Dacă defectul a fost eliminat prin RAR, întreruptorul rămîne anclanșat, întreaga schemă revenind la starea inițială în urma închiderii contactului temporizat $bt_{2\div}$, cu reglaj între $5 \div 20$ s.

Dacă defectul este persistent, protecția va acționa, astfel că la bornele *11* și *12* va apare din nou un impuls de declanșare. Deși releul P se excită, funcționarea dispozitivului este blocată, contactul $b_{1,2}$ fiind încă închis. Datorită contactelor h_1 și h_2 care sînt închise, va avea loc o declanșare definitivă trifazată prin bornele *1*, *2*, *3*. Dispozitivul revine la starea inițială, după trecerea timpului reglat pe BT.

1.b) Cheia de RAR pe poziția T

Ca urmare a demarajelor se excită releele R și N. Se închid contactele r_1, r_2, r_3, n_1 și se deschide contactul $n_{2,3}$. Prin circuitul format între „plusul" de comandă, C_{RAR}, borna 7, contactul normal închis t_2, contactul închis r_3, se excită releul H. Se închid contactele h_1 și h_2. În momentul primirii impulsului de declanșare, se excită releul P, iar contactele h_1 și h_2 fiind închise, va avea loc o declanșare trifazată.

În continuare, funcționarea dispozitivului se face ca mai sus, singura deosebire constînd în faptul că de astă dată, releele E și F, vor fi excitate prin intermediul contactelor h_3 și pt_3. Temporizarea contactului pt_3 corespunde pauzei de RAR trifazată.

2) *Scurtcircuite polifazate (R — S)*

2.a) Cheia de RAR pe poziția *M*

În urma demarajelor primite, se excită releele *R* și *S*. Se închid contactele r_1, s_1, r_2, s_2, r_7, s_3. Prin circuitul format între borna *13*, contactele închise r_2, s_3 se excită releul *H* și se transmite prin borna *25*, C_{RAR}, borna *9*, un impuls pentru excitarea releului *D*. Prin contactul d_1, se automenține releul *D* și se blochează totodată funcționarea dispozitivului în urma excitării releelor *B* și *BT*.

În momentul primirii impulsului de declanșare de la protecție, contactele h_1 și h_2 fiind închise, va avea loc o declanșare trifazată definitivă și dispozitivul fiind deja blocat, nu va mai efectua o reanclanșare.

2.b) Cheia de RAR pe poziția *M* + *T* sau *T*

Dispozitivul va efectua o RAR trifazată, funcționarea fiind asemănătoare cu cea prezentată în cazul scurtcircuitelor monofazate (punctul 1.b).

Funcționarea OZ-111 poate fi blocată de la diverse protecții sau în urma unei comenzi manuale de anclanșare a întreruptorului, prin aplicarea unui „plus" în borna *5*.

Spre deosebire de dispozitivul RAR-1 MT, OZ-111 nu dispune de un sistem propriu de blocare a funcționării înaintea trecerii în treapta a II-a a protecției de distanță.

Principalele caracteristici tehnice ale OZ-111 sînt:

— tensiunea nominală 48, 110 sau 220 Vc.c.;

— temporizarea pauzei de RAR:

— trifazată: 0,1 ÷ 0,35 s sau 0,2 ÷ 2,5 s;

— monofazată: 0,2 ÷ 0,6 s sau 0,8 ÷ 3 s;

în funcție de varianta constructivă;

— temporizarea impulsului de reanclanșare: 2 ÷ 2,5 s;

— blocarea dispozitivului după reanclanșare 5 ÷ 20 s;

— consum: — în repaus: 0 W

— în funcțiune: 100 W.

5.3.2.7. **Dispozitiv de RAR tip C.F.R.** Dispozitivul de RAR tip C.F.R., (fig. 5.15, planșă) este utilizat în substațiile de alimentare cu energie a tracțiunii electrice feroviare, pentru reanclanșarea liniilor monofazate de 27,5 kV.

El este un dispozitiv tranzistorizat în compunerea căruia, în afara blocului de reanclanșare propriu-zis, mai intră

și un stabilizator care dă o tensiune continuă de 43 Vc.c., necesară funcționării schemei. Întregul ansamblu este echipat cu o protecție ce asigură blocarea funcționării dispozitivului la dispariția tensiunii stabilizate sau la defecte interne.

Dispozitivul de RAR-C.F.R. dispune pe panoul frontal de un comutator care selectează regimurile de funcționare.

Conform [29], în poziția „test" a acestuia, printr-un impuls intern simulat se asigură funcționarea dispozitivului cu cicluri complete de RAR repetate. Dispozitivul simulează impulsuri de reanclanșare, distanțate în timp unele de altele cu perioade egale cu suma duratelor pauzei de RAR și a timpului de blocaj (cicluri minime pentru reglajele respective). Funcționarea corectă în acest caz este indicată de aprinderea la intervale regulate a lămpii de semnalizare „test".

În poziția „funcționare normală" a comutatorului de mai sus, dispozitivul funcționează numai cînd primește un impuls de la protecție în borna *2*.

Pe panoul frontal al dispozitivului se mai găsesc butoanele de reglaj a pauzei de RAR, a pauzei de blocaj, precum și următoarele lămpi de semnalizare, care prin aprindere indică:

— lampa verde „tensiune stabilizată" — existența tensiunii stabilizate de 43 Vc.c.;

— lampa roșie „avarie" — acționarea protecției proprii a dispozitivului (determinată de existența unui defect intern);

— lampa albastră „test" — emiterea unui impuls de reanclanșare în urma simulării impulsului de pornire;

— lampa galbenă „blocare" — blocarea dispozitivului în timpul pauzei de blocaj.

Pentru o funcționare corespunzătoare se recomandă ca sursa de alimentare să debiteze o tensiune continuă cît mai bine filtrată (obținută de la o baterie de acumulatoare, sau redresoare tampon cu bateria de acumulatoare). Utilizarea pentru probele funcționale a unei tensiuni de alimentare insuficient filtrate, obținute numai de la redresoare, poate duce la scoaterea din funcțiune a dispozitivului.

Principalele caracteristici tehnice ale dispozitivului sînt:

— tensiunea nominală: 48 Vc.c.;

— limite de variaţie a tensiunii de alimentare: 43÷56 Vc.c.;

— consum mediu: 5 W;

— pauza de RAR, reglabilă continuu în intervalul: 5 ÷ 20 s;

— pauza de blocaj a dispozitivului, reglabilă continuu în intervalul: 30 ÷ 80 s;

— precizia timpilor reglaţi: ±5%.

5.3.3. *Verificarea dispozitivelor de RAR*

5.3.3.1. **Generalităţi.** Verificarea dispozitivelor de RAR se poate executa în mod indirect utilizînd o instalaţie auxiliară care să permită realizarea condiţiilor reale de funcţionare care apar în exploatare, sau în mod direct, cu dispozitivul conectat la circuitele de protecţie şi automatizare ale celulei de linie respective.

În primul caz, se poate folosi instalaţia din fig. 5.16, care are o construcţie simplă, deosebit de uşor de realizat şi manevrat. Ea poate fi utilizată pentru verificarea dispozitivelor de RAR la orice tensiune nominală a acestora, prin simpla înlocuire a releelor intermediare tip RI-10 (*d 141* ÷ ÷ *d 144*).

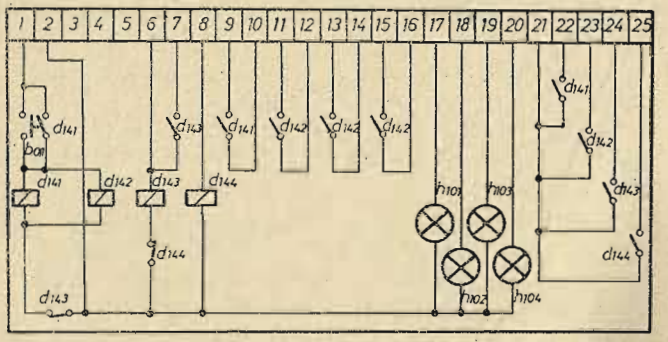


Fig. 5.16.

În schema din fig. 5.16, releele *d 141* şi *d 142* sînt comandate prin butonul *b 011* şi simulează prin contactele lor demarajul sau declanşarea prin protecţie. Releul *d 143*, recepţionează impulsul de declanşare de la releul de RAR, permiţînd revenirea releelor *d 141* şi *d 142*, la starea iniţială. Releul *d 144* serveşte împreună cu celelalte relee, la măsurarea pauzelor de RAR. Lămpile *h 101*, *h 102*, *h 103* semnalizează declanşarea pe fiecare fază, în timp ce lampa *h 104* semnalizează reanclanşarea întreruptorului.

În al doilea caz, se vor simula de la releul de distanţă sau alte protecţii, toate scurtcircuitele posibile precum şi demarajele generate de acestea. În această situaţie, verificarea tuturor posibilităţilor de funcţionare ale dispozitivelor de RAR, precum şi fixarea reglajelor pentru temporizarea pauzelor de RAR, pot duce însă la un număr nejustificat de mare de acţionări ale întreruptorului de putere. De aceea, se recomandă ca aceste probe, inclusiv reglarea temporizării pauzelor de RAR, să se facă mai întîi cu dispozitivul prezentat anterior (sau cu unul similar acestuia) şi numai după aceea să se treacă la executarea cîtorva probe cu întreaga instalaţie, urmărindu-se corecta interacţiune cu aceasta, conform planurilor.

În cele ce urmează se va prezenta verificarea dispozitivelor de RAR utilizînd instalaţia din fig. 5.16. Verificarea generală, verificarea izolaţiei şi verificarea mecanică se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 şi § 2.2.2.3.

5.3.3.2. **Verificarea dispozitivului de RAR tip RARS.** Pentru executarea verificărilor se va utiliza montajul din fig. 5.17. Conexiunile desenate cu linie plină, mai puţin cele pentru racordarea cronometrului, vor fi utilizate la probele de la punctele a.1) şi a.2). Conexiunile desenate cu linie întreruptă vor fi utilizate în completare numai la proba de la punctul a.3).

Cronometrul, în variantele de conectare *a* sau *b*, va fi racordat numai pentru verificările de la punctul b).

Înaintea începerii probelor, se conectează alimentarea schemei şi se aşteaptă aproximativ 60 de secunde pentru încărcarea condensatorului din RARS.

Conform indicaţiilor scalei, se reglează contactul pasager al releului de timp din dispozitivul de RAR, cu o secundă

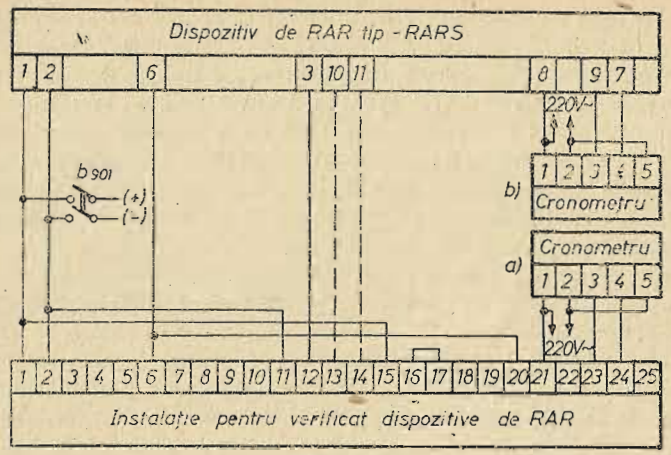

Dispozitiv de RAR tip - RARS
1 2 6 3 10 11 8 9 7
220V~
b301
(+)
(-)
b)
1 2 3 4 5
Cronometru
a)
Cronometru
1 2 3 4 5
220V~
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.17.

sub valoarea reglată pentru contactul final. Se execută următoarele probe:

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip RARS*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclașare, după o declanșare prin protecție. Se apasă butonul *b011*. În cazul unei funcționări corecte a dispozitivului de RAR, lampa *h101* va semnaliza declanșarea prin protecție, iar *h104* — reanclanșarea.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea unui ciclu de RAR. Se execută utilizînd același montaj. După efectuarea ciclului de RAR, se așteaptă 15—20 secunde și se conectează din nou *b011*. Dispozitivul este corespunzător, dacă nu va mai produce o nouă reanclanșare după perioada menționată.

a.3) Verificarea blocării dispozitivului la efectuarea unei anclanșări sau declanșări voite a întreruptorului, precum și de la diverse protecții care blochează funcționarea RAR. Se utilizează montajul din fig. 5.17, în care s-au realizat suplimentar conexiunile desenate cu linie întreruptă. Se apasă butonul *b011*. Se observă că nu va mai avea loc o reanclanșare.

b) *Fixarea și verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip RARS*. Pentru fixarea temporizării pauzei de RAR se conectează cronometrul conform variantei *a* din fig. 5.17.

Pentru fixarea duratei impulsului de reanclanșare, sînt în general suficiente indicațiile scalei de reglaj a releului de timp. Dacă se dorește o măsurare precisă a acestei durate, se montează cronometrul conform fig. 5.17, varianta *b*. În ambele cazuri, pentru măsurarea timpilor se acționează asupra butonului *b011*.

5.3.3.3. **Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-2c.** Pentru executarea verificărilor se utilizează montajul din fig. 5.18. Conexiunile desenate cu linie plină vor fi folosite la verificările de la punctele a.1) și a.2). Conexiunile cu linie întreruptă vor fi utilizate în completare, numai la proba de la punctul a.3). Cronometrul se va conecta numai la proba de la punctul b).

Înaintea începerii probelor se așează eclisele $E_1 \div E_4$ în poziția conectat și se fixează markerul C_{pp} într-o poziție corespunzătoare numărului dorit de reanclanșări. Se fixează de asemenea temporizarea celor două cicluri.

După conectarea tensiunii de alimentare se așteaptă aproximativ două minute pentru încărcarea condensatoarelor.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip RAR-2c*

a.1) Verificarea executării celor două cicluri de reanclanșare. Se acționează butonul *b011*. În caz că dispozitivul funcționează corect, lampa *h101* va semnaliza declanșarea, urmată după un anumit

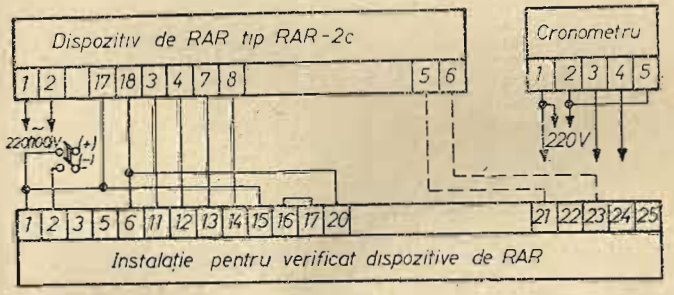

Dispozitiv de RAR tip RAR-2c
1 2 17 18 3 4 7 8 5 6
Cronometru
1 2 3 4 5
220/100V
(+)
(-)
220V
1 2 3 5 6 11 12 13 14 15 16 17 20 21 22 23 24 25
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.18.

interval de o reanclanşare, semnalizată de lampa *h104*. Acţionăm din nou butonul *b011*. Lampa *h101* va indica declanşarea, urmată de o reanclanşare, semnalizată de lampa *h104*. Se vor urmări de fiecare dată indicaţiile contoarelor *Co-1* şi *Co-2* din RAR-2c.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea celor două cicluri de RAR. După efectuarea celor două cicluri de RAR se aşteaptă aproximativ 14 ÷ 15 s, după care se acţionează din nou *b011*. Dispozitivul este corespunzător dacă nu se va mai produce o nouă reanclanşare.

a.3) Verificarea blocării dispozitivului la efectuarea unei anclanşări sau declanşări voite a întreruptorului precum şi de la diverse protecţii care blochează funcţionarea RAR. Se execută în acelaşi mod ca la § 5.3.3.2, punctul a.3), după ce în prealabil s-au executat conexiunile cu linie întreruptă din fig. 5.18.

b) *Fixarea şi verificarea reglajelor pauzelor de RAR ciclul I şi II*. Se execută conectînd cronometrul ca în fig. 5.18. Pentru fixarea temporizării ciclului II (care are un timp mai mare decît ciclul I), se va deconecta eclisa E_2.

5.3.3.4. **Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-T.**

Pentru executarea verificărilor se vor utiliza montajele din fig. 5.19, fig. 5.20, fig. 5.21, fig. 5.22.

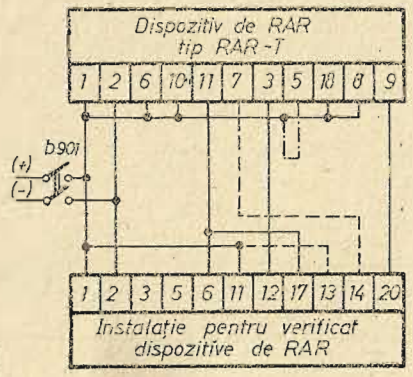


Fig. 5.19.

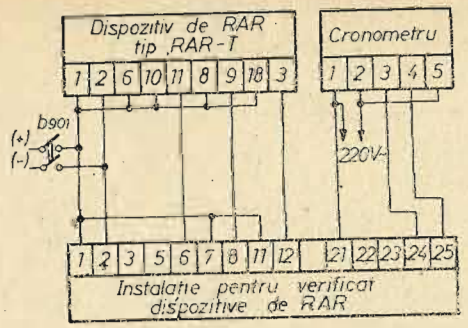


Fig. 5.20.

Conexiunile desenate cu linie plină în fig. 5.19 vor fi utilizate la probele a.1) şi a.2). Conexiunile desenate cu linie întreruptă din fig. 5.19 vor fi utilizate în completare numai la verificările de la punctul a.3.3). Montajele din fig. 5.20, fig. 5.21, fig. 5.22 vor fi utilizate numai la proba de la punctul b).

Înaintea începerii verificărilor se fixează temporizările releelor de timp. Temporizarea contactului pasager *RTpa* se reglează cu aproximativ 1 ÷ 1,5 s, sub reglajul contactului final *RTpf*.

Temporizarea contactului *RTBf* se fixează aproximativ la mijlocul scalei de reglaj.

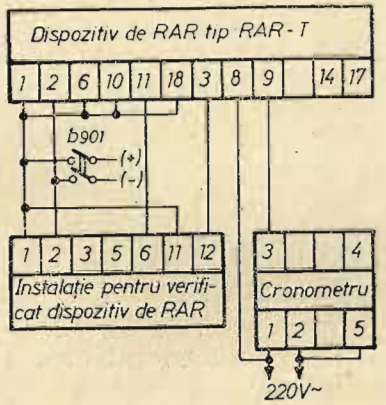


Fig. 5.21.

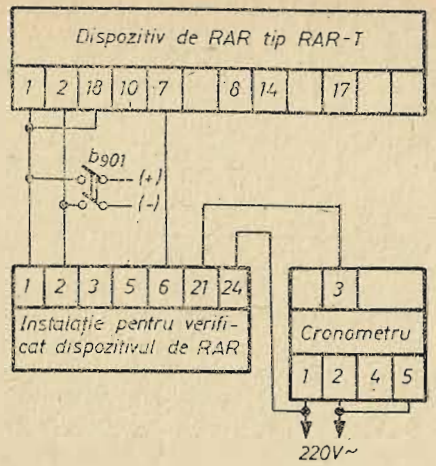


Fig. 5.22.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip RAR-T*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclanșare după o declanșare prin protecție. Se acționează butonul *b011*. În caz că dispozitivul funcționează corect, se va aprinde lampa *h101* semnalizînd declanșarea și apoi lampa *h104*, pentru a semnaliza reanclanșarea. Se va urmări la contorul C_0 înregistrarea reanclanșării.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea unui ciclu de RAR. Se acționează butonul *b011*. După ce dispozitivul RAR-T efectuează un ciclu complet de RAR și s-a aprins lampa *h104*, ce semnalizează reanclanșarea, se apasă din nou *b011*. Dacă dispozitivul este corespunzător, după efectuarea declanșării nu se va mai produce o nouă reanclanșare.

a.3) Verificarea posibilităților de blocare a dispozitivului

a.3.1) Blocarea RAR-T dacă nu există condiții de sincronism sau lipsă tensiune. La montajul utilizat la punctul a.1), se desface conexiunea din borna *6* a RAR-T. Acționînd *b011* dispozitivul nu va efectua ciclul de RAR.

a.3.2) Blocarea RAR-T de la diverse protecții. Se reface conexiunea în borna *6* și se execută conexiunea desenată cu linie-punct, în borna *5* a RAR-T. Acționînd *b011* nu se va efectua nici de astă dată un ciclu de RAR.

a.3.3) Blocarea RAR-T în cazul unei comenzi manuale de declanșare a întreruptorului. În completarea montajului din fig. 5.19, se execută conexiunile cu linie întreruptă, după ce în prealabil s-a desfăcut legătura din borna *5* a RAR-T.

Prin conectarea butonului *b011* se constată că dispozitivul nu va executa RAR.

b) *Fixarea și verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip RAR-T*. Fixarea temporizării pauzei de RAR se execută cu ajutorul montajului din fig. 5.20. Pentru fixarea duratei impulsului de reanclanșare este în general suficient să fixăm contactul *RTpf*, cu 0,5 ÷ 1 s peste reglajul contactului *RTpa*, conform indicațiilor scalei de reglaj. Dacă se dorește o măsurare mai exactă a acestei durate, se poate utiliza montajul din fig. 5.21.

Pentru fixarea temporizării blocajului sînt în general suficiente indicațiile scalei de reglaj a releului *RTB*. Pentru măsurarea cu exactitate a reglajului executat, se poate utiliza montajul din fig. 5.22. Pornirea schemei se face acționînd clapeta releului *E* din RAR-T.

5.3.3.5. **Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-1 MT.** Înaintea începerii verificărilor, se vor regla pe releul de timp *Tp* al dispozitivului RAR-1 MT, următoarele:

— contactul *1B*, pentru blocajul înaintea trecerii în treapta a II-a a protecției de distanță, la aproximativ 0,4 s;

— contactul *T*, pentru pauza de RAR trifazată, la aproximativ 0,9 s;

— contactul *M*, pentru pauza de RAR monofazată, la aproximativ 1,3 s.

Eclisele de pe panoul frontal al dispozitivului se fixează pe poziția *1*.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip RAR-1MT*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclanșare după o declanșare prin protecție. Proba se execută utilizînd montajul desenat cu linie plină din fig. 5.23. Este necesară realizarea tuturor

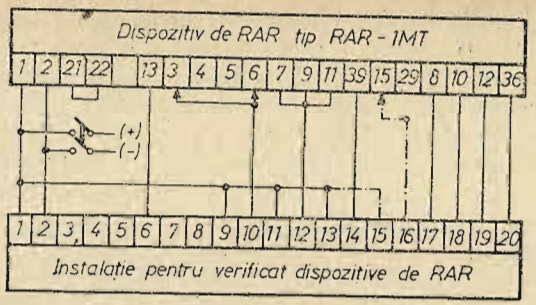

Dispozitiv de RAR tip RAR - 1MT
1 2 21 22 13 3 4 5 6 7 9 11 39 15 29 8 10 12 36
(+)
(-)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.23.

situațiilor indicate în tabelul 5.8, care va fi folosit în modul următor: presupunînd că cheia de RAR se află pe poziția *M*, trebuie efectuate punțile *23* cu *24* și *27* cu *28* (coloana 1), pentru defect R—0 (coloana 2), demarajul se aplică

Tabelul 5.8

Poziția cheii de RAR	Tipul defectului (demarajul)	Bornele RAR-1 MT la care se simulează demarajul	Tipul declanșării	RAR-1 MT execută sau nu reanclanșare
M la RAR-1 MT se efectuează punțile: *23—24* *27—28*	R-O	3—6	Monofazată -R	Da
	S-O	4—6	Monofazată -S	Da
	T-O	5—6	Monofazată -T	Da
	R-S	3—4	Trifazată — R, S, T	Nu
	S-T	4—5	Trifazată — R, S, T	Nu
	T-R	5—3	Trifazată — R, S, T	Nu
M + T la RAR-1 MT se efectuează punțile: *17—19* *23—24* *26—28*	R-O	3—6	Monofazată — R	Da
	S-O	4—6	Monofazată — S	Da
	T-O	5—6	Monofazată — T	Da
	R-S	3—4	Trifazată — R, S, T	Da
	S-T	4—5	Trifazată — R, S, T	Da
	T-R	5—3	Trifazată — R, S, T	Da
T la RAR-1 MT se efectuează punțile: *17—19; 18—20* *23—24, 26—28*	R-O	3—6	Trifazată — R, S, T	Da
	S-O	4—6	Trifazată — R, S, T	Da
	T-O	5—6	Trifazată — R, S, T	Da
	R-S	3—4	Trifazată — R, S, T	Da
	S-T	4—5	Trifazată — R, S, T	Da
	T-R	5—3	Trifazată — R, S, T	Da

la bornele (*3—6*) ale RAR-1 MT (coloana 3), declanșarea trebuie să fie monofazată pe faza R (coloana 4) și dispozitivul execută RAR (coloana 5). Pentru celelalte situații se procedează în mod analog.

În fiecare caz în parte, se acționează foarte scurt butonul *b011*. O nouă acționare nu se va executa decît după ce releul de blocaj *2B* din RAR-1 MT a revenit la poziția dezexcitat.

Pentru ca dispozitivul RAR-1 MT să fie corespunzător din punct de vedere al acestei probe, este necesar să fie realizat în întregime programul de lucru din tabelul 5.8.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea unui ciclu de RAR. Se utilizează montajul din fig. 5.23. După efectuarea unui ciclu de RAR, se acționează din nou *b011*. Pentru oricare din situațiile prezentate în tabelul 5.8, va trebui să aibă loc o declanșare trifazată definitivă.

a.3) Verificarea posibilităților de blocare ale dispozitivului în diverse situații de funcționare. Pentru executarea probelor de la punctele a.3.1) și a.3.2) se utilizează montajul din fig. 5.23, desenat cu linie plină.

a.3.1) Verificarea blocării RAR-1 MT, cînd întreruptorul nu are condiții optime de funcționare. Se deconectează puntea *21—22* de la RAR-1 MT. Pentru oricare din situațiile prezentate în tabelul 5.8, va trebui ca acționînd *b011* cu eclisa *C* mai întîi pe poziția *1* și apoi pe *2* (vezi tabelul 5.6), dispozitivul să nu execute RAR. După executarea acestor probe se reface puntea *21—22* la bornele RAR-1 MT.

a.3.2) Verificarea blocării RAR-1 MT cînd nu există condiții de sincronism sau lipsă de tensiune. Se deconectează puntea *23—24* de la RAR-1 MT. Acționînd *b011* se verifică că dispozitivul nu efectuează RAR pentru oricare din situațiile prezentate în tabelul 5.8.

Se trece eclisa *D* pe poziția *2* (vezi tabelul 5.6). Acționînd de astă dată *b011* se constată că dispozitivul execută RAR în oricare din situațiile prezentate.

Înaintea executării probei a.3.3) se reface legătura la bornele *23—24* ale RAR-1 MT, iar eclisa *D* se conectează pe poziția *1*.

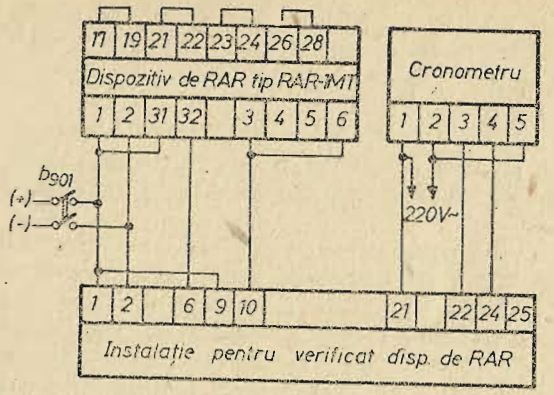

17 19 21 22 23 24 26 28
Dispozitiv de RAR tip RAR-1MT
1 2 31 32 3 4 5 6
Cronometru
1 2 3 4 5
b901
(+)
(-)
220V~
1 2 6 9 10 21 22 24 25
Instalație pentru verificat disp. de RAR

Fig. 5.24.

a.3.3) Blocarea RAR-1 MT, în cazul unei comenzi manuale de anclanşare sau declanşare a întreruptorului, precum şi de la diverse protecţii care blochează funcţionarea RAR. Se dă un „plus" în borna *15*, apoi în *29* ale RAR-1 MT. De fiecare dată se urmăreşte blocarea dispozitivului de RAR (conexiunile desenate cu linie punct în fig. 5.23).

b) *Fixarea şi verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip RAR-1 MT*. Pentru fixarea duratei impulsului de anclanşare şi a pauzei de blocaj a RAR-1 MT, sînt suficiente indicaţiile scalelor de reglaj ale releelor *E* şi *2B* [27].

Pentru fixarea temporizării contactului tp_1 utilizat la blocarea dispozitivului înaintea trecerii protecţiei de distanţă în treapta a II-a, se foloseşte montajul din fig. 5.2.4.

Pentru executarea măsurărilor se acţionează butonul *b011*. Timpul măsurat la cronometru reprezintă intervalul după care intervine autoblocarea dispozitivului. La fixarea temporizării contactului tp_2 (pauza de RAR — trifazică) se utilizează montajul din fig. 5.25. Demarajul se conectează la bornele *3—4; 3—5* sau *4—5* ale RAR-1 MT (defect polifazat).

Pentru fixarea temporizării contactului tp_3 (pauza de RAR-monofazat) se utilizează acelaşi montaj ca mai sus, cu diferenţa că demarajul se conectează la bornele *3—6; 4—6* sau *5—6* ale RAR-1 MT.

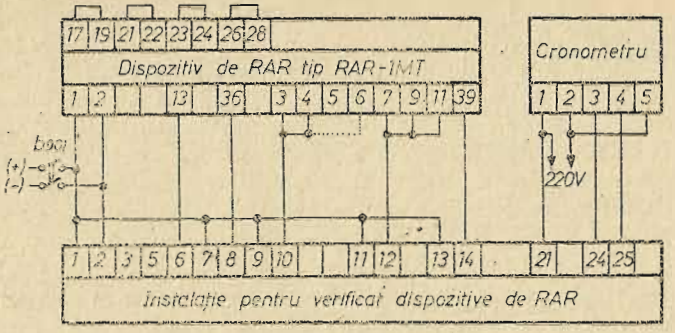

17 19 21 22 23 24 26 28
Dispozitiv de RAR tip RAR-1MT
1 2 13 36 3 4 5 6 7 9 11 39
Cronometru
1 2 3 4 5
b901
(+)
(-)
220V
1 2 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 21 24 25
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.25.

5.3.3.6. **Verificarea dispozitivului de RAR tip OZ-33.** Pentru executarea verificărilor dispozitivului de RAR tip OZ-33 se utilizează montajul din fig. 5.26. Conexiunile desenate cu linie plină vor fi folosite pentru verificările de la punctele a.1) şi a.2). Conexiunile desenate cu linie-punct, figurate în completarea montajului precedent, vor fi utilizate numai pentru verificarea de la punctul a.3). Pentru verificarea de la punctul b) se va monta cronometrul şi se vor executa conexiunile cu linie punctată.

a) *Verificarea generală a modului de funcţionare a dispozitivului de RAR tip OZ-33*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclanşare după o declanşare prin protecţie. Se execută ca şi în cazurile precedente, acţionînd

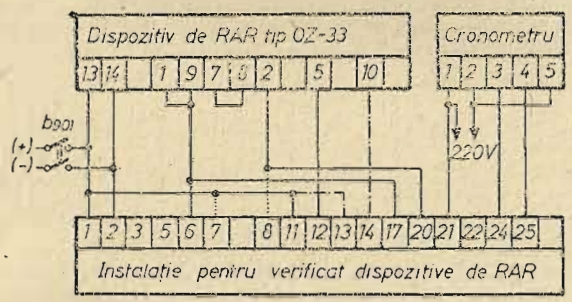

Dispozitiv de RAR tip OZ-33
13 14 1 9 7 8 2 5 10
Cronometru
1 2 3 4 5
b901
(+)
(-)
220V
1 2 3 5 6 7 8 11 12 13 14 17 20 21 22 24 25
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.26.

butonul *b011*. Lampa *h101* va semnaliza declanşarea, iar lampa *h104*, anclanşarea.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea unui ciclu de RAR. Se acţionează *b011*. După efectuarea completă a unui ciclu de RAR, se repetă operaţia. Pentru ca dispozitivul să fie corespunzător din punct de vedere al acestei probe, va trebui ca noua declanşare care va avea loc prin intermediul releului *V* să nu mai fie urmată de o reanclanşare.

a.3) Verificarea blocării dispozitivului OZ-33 în cazul unei comenzi manuale de anclanşare sau declanşare a întreruptorului, precum şi de la diverse protecţii care blochează funcţionarea RAR. Se utilizează montajul anterior completat cu conexiunile desenate cu linie punct. Pentru executarea probei se acţionează butonul *b011*.

b) *Fixarea şi verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip OZ-33*. Se execută utilizînd montajul din fig. 5.26, la care s-au efectuat conexiunile necesare conectării cronometrului. Pentru fixarea temporizării pauzei de blocaj, sînt în general suficiente indicaţiile scalei releului *BT*.

5.3.3.7. **Verificarea dispozitivului de RAR tip OZ-111.** Pentru verificarea dispozitivului de RAR tip OZ-111 se utilizează montajul din fig. 5.27.

Conexiunile desenate cu linie-punct se realizează numai pentru efectuarea probelor de la punctul a.3). Cronometrul

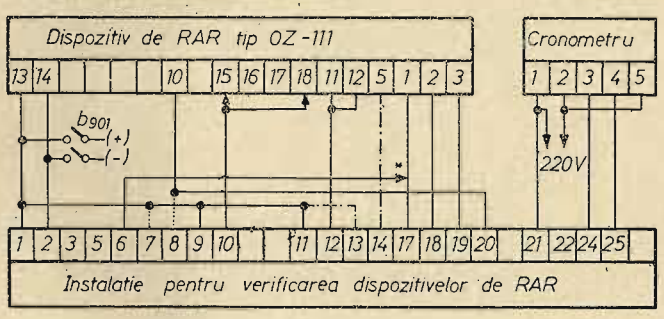

Dispozitiv de RAR tip OZ-111
Cronometru
13 14 10 15 16 17 18 11 12 5 1 2 3
1 2 3 4 5
b901
(+)
(-)
220V
1 2 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 17 18 19 20 21 22 24 25
Instalatie pentru verificarea dispozitivelor de RAR

Fig. 5.27.

împreună cu conexiunile desenate cu linie punctată se conectează numai pentru proba de la punctul b).

Prin conductorul notat cu asterisc, se culege impulsul de declanşare utilizat de instalaţia pentru verificat dispozitive de RAR. În funcţie de tipul defectului simulat, acest conductor trebuie conectat la bornele *1*, *2* sau *3* ale OZ-111, conform indicaţiilor din tabelul 5.9, coloana 4.

Tabelul 5.9

Poziţia cheii de RAR	Tipul defectului (demaraj)	Bornele OZ-111 la care se simulează demarajul	Bornele OZ-111 la care se culeg impulsurile de declanşare	Tipul declanşării	OZ-111 execută sau nu reanclanşare
M la OZ-111 se efectuează puntea *9—25*	R-O	*15—18*	*1*	Monofazată R	Da
	S-O	*16—18*	*2*	Monofazată S	Da
	T-O	*17—18*	*3*	Monofazată T	Da
	R-S	*15—16*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Nu
	S-T	*16—17*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S T	Nu
	T-R	*17—15*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Nu
M + T la OZ-111 nu se efectuează punţi	R-O	*15—18*	*1*	Monofazată R	Da
	S-O	*16—18*	*2*	Monofazată S	Da
	T-O	*17—18*	*3*	Monofazată T	Da
	R-S	*15—16*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da
	S-T	*16—17*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da
	T-R	*17—15*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da
T la OZ-111 se efectuează puntea *7—13*	R-O	*15—18*	*1*	Trifazată R, S, T	Da
	S-O	*16—18*	*2*	Trifazată R, S, T	Da
	T-O	*17—18*	*3*	Trifazată R, S, T	Da
	R-S	*15—16*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da
	S-T	*16—17*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da
	T-R	*17—15*	*1, 2* sau *3*	Trifazată R, S, T	Da

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip OZ-111*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclanșare, după o declanșare prin protecție. Pentru efectuarea acestei probe se utilizează montajul din fig. 5.27, desenat cu linie plină. Sînt necesare realizarea tuturor verificărilor indicate în tabelul 5.9. Modul de lucru este asemănător celui indicat la § 5.3.3.5, punctul a.1).

Punțile ce trebuie executate conform indicațiilor din coloana 1 a tabelului 5.9, suplinesc cheia de RAR.

Butonul *b011* se acționează printr-o comandă foarte scurtă.

a.2) Verificarea blocării dispozitivului OZ-111 după efectuarea unui ciclu de RAR. Imediat după efectuarea unui ciclu complet de RAR, se acționează *b011* printr-un impuls foarte scurt. În oricare din situațiile de la punctul a.1) dispozitivul nu trebuie să efectuez RAR, comandînd o declanșare trifazată definitivă.

a.3) Verificarea blocării dispozitivului OZ-111 în cazul unei comenzi manuale de anclanșare sau declanșare a întreruptorului, precum și de la diverse protecții care blochează funcționarea RAR. Pentru executarea acestei probe se utilizează tot montajul din fig. 5.27, completat în prealabil cu circuitele figurate cu linie-punct-linie.

Acționînd butonul *b011* se verifică că OZ-111 nu execută RAR în oricare din situațiile prezentate în tabelul 5.9.

b) *Fixarea și verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip OZ-111.* Se execută utilizînd montajul din fig. 5.27, la care s-au efectuat conexiunile pentru conectarea cronometrului.

Pentru fixarea reglajului pauzei de RAR trifazată, se aplică un demaraj bifazat conform tabelului 5.9. Pentru fixarea reglajului pauzei de RAR monofazată, se aplică un demaraj monofazat conform celor indicate în același tabel. Pentru fixarea duratei pauzei de blocaj a OZ-111, sînt în general suficiente indicațiile scalei releului *BT*.

5.3.3.8. **Verificarea dispozitivului de RAR tip C.F.R.** Pentru verificarea dispozitivului de RAR tip C.F.R. se utilizează montajul din fig. 5.28.

Conexiunile desenate cu linie plină vor fi folosite numai la verificările de la punctele a.1) și a.2). Conexiunile suplimentare desenate cu linie-punct, vor fi utilizate numai la verificările de la punctul a.3). Pentru verificările de la punctul b) se vor realiza suplimentar conexiunile cu linie punctată și se va monta cronometrul.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a dispozitivului de RAR tip C.F.R.*

a.1) Verificarea executării comenzii de reanclanșare după o declanșare prin protecție. Se execută utilizînd montajul din fig. 5.28. Pentru efectuarea probei se acționează *b011.*

a.2) Verificarea blocării dispozitivului după efectuarea unui ciclu de RAR. După efectuarea unui ciclu complet de RAR se acționează *b011,* simulînd astfel o RAR nereușită. Nu va trebui să aibă loc o nouă reanclanșare.

a.3) Verificarea blocării dispozitivului în cazul unei comenzi de anclanșare sau declanșare a întreruptorului sau de la diverse protecții care blochează func-

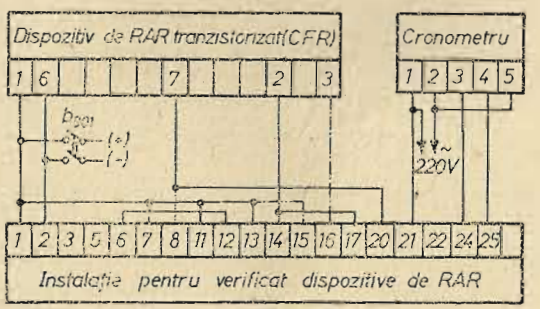

Dispozitiv de RAR tranzistorizat(C.F.R)
1 6 7 2 3
Cronometru
1 2 3 4 5
b011
(+)
(-)
~220V
1 2 3 5 6 7 8 11 12 13 14 15 16 17 20 21 22 24 25
Instalație pentru verificat dispozitive de RAR

Fig. 5.28.

ţ i o n a r e a RAR. Se acţionează *b011* şi se verifică că dispozitivul nu execută RAR, după ce în prealabil au fost executate conexiunile desenate cu linie-punct.

b) *Fixarea şi verificarea reglajelor dispozitivului de RAR tip C.F.R.* Se execută utilizînd montajul din fig. 5.28, la care s-au executat conexiunile necesare racordării cronometrului. Pentru fixarea duratei pauzei de blocaj, sînt în general suficiente indicaţiile scalei de reglaj a butonului respectiv.

6. Relee de distanţă. Principiu de funcţionare, caracteristici, verificări

6.1. Generalităţi

Releele de distanţă şi implicit protecţia de distanţă constituie la ora actuală elementul de bază utilizat în schemele de protecţie a liniilor interconectate de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

Principalele avantaje ale protecţiei de distanţă în comparaţie cu alte tipuri de protecţii constau în:

— dependenţa redusă a sensibilităţii faţă de regimul de funcţionare a reţelei;

— deconectarea defectelor cu o temporizare cu atît mai mică cu cît acestea se produc mai aproape de locul instalării releului;

— delimitarea cu suficientă precizie a zonelor protejate.

În principiu, în caz de defect, releul de distanţă măsoară impedanţa de la locul de instalare pînă la cel de scurtcircuit. El compară în mod succesiv această valoare cu nişte impedanţe reglate pe releu. Aceste impedanţe reflectă de fapt lungimea zonelor protejate, eşalonate de regulă în trei-patru trepte.

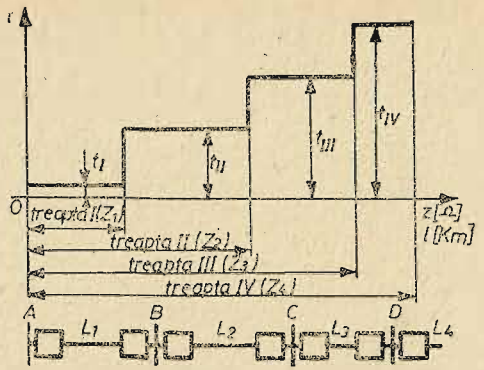


Fig. 6.1.

În treapta I, corespunzătoare unei anumite lungimi a liniei protejate (fig. 6.1), releul va declanşa foarte rapid.

În treptele superioare, pe măsură ce creşte distanţa de la locul de instalare a releului, creşte şi temporizarea la declanşare.

Aşa cum se va vedea, valorile impedanţelor reglate se obţin în urma unor calcule care ţin cont de lungimea liniei protejate, de caracteristicile ei geometrice, de raportul de transformare al transformatoarelor de curent şi tensiune ce alimentează releul de distanţă, precum şi de încadrarea liniei în sistemul energetic.

Releul de distanţă acţionează la scăderea impedanţei supravegheate sub valoarea impedanţei reglate pe el, pentru treapta respectivă.

Dacă valoarea măsurată este mai mică decît valoarea reglată pentru treapta I, releul va comanda declanşarea în această treaptă. În mod analog, dacă valoarea măsurată este mai mare decît valoarea reglată pentru treapta I, dar mai mică decît valoarea reglată pentru treapta a II-a, releul va comanda declanşarea în treapta a II-a. În acelaşi mod se petrec lucrurile şi în cazul treptei a III-a sau a IV-a.

Aşa cum se observă în fig. 6.2 [1 ; 15], în compunerea unui releu de distanţă intră mai multe elemente care concură la buna lui funcţionare.

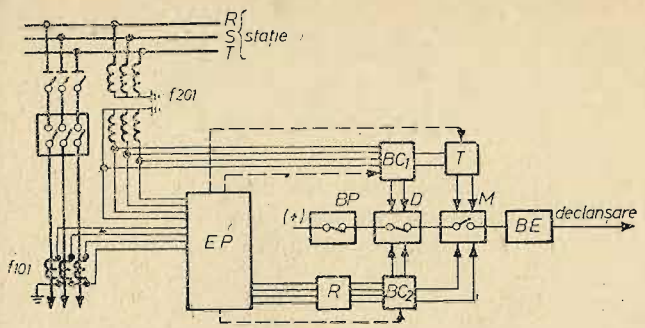


Fig. 6.2.

Elementele de pornire *EP* au rolul de a sesiza apariţia unui defect şi de a iniţia funcţionarea întregului ansamblu. Ele pot fi constituite din relee de curent maximale sau din relee de minimă impedanţă.

În caz de defect elementele de pornire vor iniţia funcţionarea elementului de timp *T*, a blocului de comutare BC_1 şi a blocului de comutare BC_2.

Blocul de comutare BC_1 selectează tensiunile corespunzătoare scurtcircuitului. El alimentează cu tensiunile necesare funcţionării releul direcţional *D* şi prin intermediul releului de timp *T*, organul de măsurare *M*.

Blocul de comutare BC_2 are rolul de a alimenta releul direcţional *D* şi organul de măsurare *M*, cu o tensiune proporţională cu curentul de scurtcircuit, culeasă de pe grupul de rezistenţe (transformatoare) *R*.

Releul de distanţă mai conţine un element pentru blocarea la pendulaţii *BP* şi un bloc de execuţie a comenzilor de declanşare, *BE*.

Schema bloc prezentată în fig. 6.2 corespunde releelor de distanţă tip monosistem, care utilizează un singur element de măsurare şi un singur element de direcţie, alimentarea acestora făcîndu-se în funcţie de scurtcircuit, printr-un sistem de alegere a unor contacte (blocurile de comutare BC_1 şi BC_2). Există însă şi relee de distanţă care au cîte un element de demaraj sau măsurare pentru fiecare tip de defect.

În cele ce urmează vor fi prezentate cîteva din tipurile de relee de distanţă mai des utilizate în instalaţiile din ţara noastră.

6.2. Relee de distanţă utilizate în staţiile electrice de înaltă tensiune din România

6.2.1. *Releu de distanţă RD-110*

Releul de distanţă tip RD-110, fig. 6.3, este produs de firma EAW din R.D.G. El este de tip monosistem şi se află în exploatare pe diverse linii interconectate de 110 kV.

Principalele elemente ce intră în compunerea releului de distanţă RD-110 sînt:

6.2.1.1. **Elementele de demaraj la supracurent** A_R, A_S, A_T, A_0. Ca elemente de demaraj la supracurent sînt utilizate patru relee maximale de tipul RSf-2.

Relecle A_R, A_S, A_T (fig. 6.3, planşă) sesizează apariţia unui supracurent pe fazele R, S sau T. Ele pot fi reglate continuu între 4 şi 10 A. Releul A_0 sesizează apariţia unui curent homopolar. El poate fi reglat continuu între 2 şi 5 A. Coeficientul de revenire al acestor relee este de aproximativ 0,85.

Bobinele releelor de demaraj A_R, A_S, A_T şi A_0 sînt înseriate cu rezistenţele R_r, R_s, R_t şi R_0, care servesc pentru obţinerea unor tensiuni proporţionale cu curenţii de defect necesari alimentării elementului de măsurare Z şi a celui direcţional Q. În paralel cu rezistenţa R_0 se găseşte un autotrasformator (notat cu *Tr4*), folosit pentru reglarea factorului de pămînt K_p. Acest autotransformator se găseşte în partea interioară a releului.

6.2.1.2. **Elementul de măsurare a impedanţei de defect, Z**

a) *Măsurarea „impedanţei pure"*. Ca element de măsurare a impedanţei, releul RD-110 utilizează un releu cu bobină mobilă de tip RSf-4, care lucrează într-un montaj diferenţial numit „balanţă electrică" (fig. 6.4).

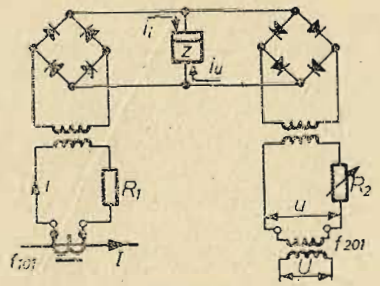


Fig. 6.4.

Elementul Z este un releu polarizat de curent continuu care îşi închide contactul numai cînd:

$$i_i \geqslant i_u \tag{6.1}$$

Curentul redresat i_i este proporţional cu curentul primar I care circulă pe linia protejată:

$$i_i = K_1 \times I \tag{6.2}$$

În mod analog, curentul redresat i_u este proporţional cu tensiunea primară U, aplicată la bornele transformatorului de tensiune *f 201*.

$$i_u = K_2 \times U \tag{6.3}$$

K_1 şi K_2 sînt constante.

Înlocuind (6.2) şi (6.3) în expresia (6.1), rezultă:

$$K_2 \times U \leqslant K_1 \times I \tag{6.4}$$

sau

$$\frac{U}{I} = Z \leqslant \frac{K_1}{K_2} \tag{6.5}$$

Deci pentru ca releul Z să acţioneze, este necesar ca impedanţa măsurată la locul de instalare (dată de tensiunea şi curentul cu care este alimentat releul), să fie mai mică decît o valoare dată, fixată de releu.

Diagrama de lucru a elementului prezentat în fig. 6.4 este în planul impedanţei Z, un cerc cu centrul în originea axelor, de abscisă R şi ordonată X (fig. 6.5).

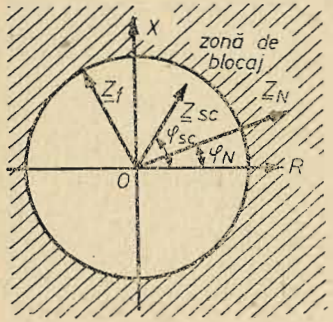


Fig. 6.5.

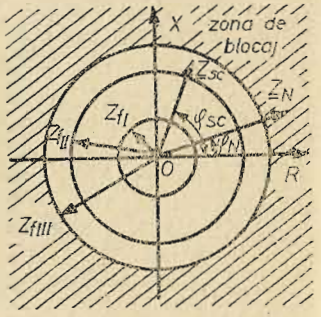


Fig. 6.6.

Raza cercului este dată de impedanța Z_f fixată pe releu. Rezultă deci că în funcție de necesități, se poate alege o valoare mai mare sau mai mică pentrn Z_f.

În regim normal de funcționare, impedanța „văzută" de releu este $\underline{Z}_N$. Atît mărimea $|\underline{Z}_N|$, cît și defazajul φ_N al acestei impedanțe pot varia în limite foarte largi în funcție de regimul de exploatare al liniei.

Pentru a nu se produce acționări nedorite ale releului de distanță, este necesar ca impedanța fixată Zf, care definește raza cercului de acționare, să fie în oricare din regimurile de funcționare normale ale liniei, mai mică decît $|\underline{Z}_N|$.

În caz de scurtcircuit, datorită creșterii curentului și simultan cu aceasta a scăderii tensiunii, impedanța „văzută" de releu va fi $\underline{Z}_{sc}$. Defazajul se modifică sensibil față de regimul normal de funcționare (cînd φ_N este aproximativ 25°—35°), φ_{sc}, putînd avea valori cuprinse între 60° și 85° (fig. 6.5).

Dacă impedanța $\underline{Z}_{sc}$ se găsește în interiorul cercului de rază Z_f, releul de impedanță își va închide contactul indiferent de unghiul φ_{sc} al impedanței $\underline{Z}_{sc}$.

Dacă sucrtcircuitul este îndepărtat, atunci impedanța $\underline{Z}_{sc}$ nu se va mai găsi în interiorul cercului de rază Z_f și releul nu va mai acționa.

Așa cum s-a mai văzut, relеele de distanță elimină defectele după o caracteristică în trepte.

În fig. 6.6, este prezentată diagrama de acționare a unui releu de distanță cu trei trepte de măsurare a impedanței.

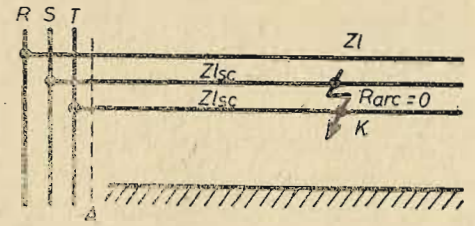


Fig. 6.7.

După cum este desenat $\underline{Z}_{sc}$, rezultă că declanșarea va avea loc în treapta a III-a a protecției de distanță.

În cele discutate pînă acum, s-a considerat că scurtcircuitul este metalic, nedezvoltîndu-se la locul defectului un arc electric. De aceea schema elementului de măsurare a impedanței din fig. 6.4 se mai numește și schema pentru măsurarea „impedanței pure".

La un scurtcircuit bifazat (fig. 6.7), impedanța măsurată va fi :

$$Z_{sc} = 2Z_{lsc}$$

unde Z_{lsc} este impedanța conductorului liniei măsurată pe fază, de la locul de instalare a releului de distanță A, pînă la cel de defect K.

La un scurtcircuit monofazat (fig. 6.8), întoarcerea curentului făcîndu-se prin pămînt, impedanța acestuia Z_p, este o fracțiune din Z_{lsc}.

Între Z_p și Z_{lsc} există relația :

$$Z_p = K_p Z_{lsc}$$

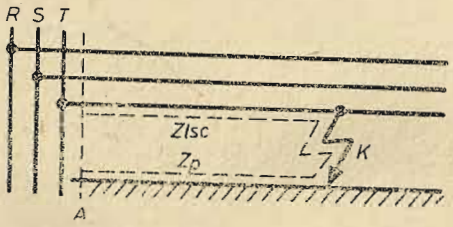


Fig. 6.8.

K_p se numeşte factor de pămînt şi la RD-110 el se reglează la transformatorul *Tr4* (fig. 6.3).

Deci la scurtcircuite monofazate impedanţa de scurtcircuit va fi:

$$Z_{sc} = Z_{lsc}(1 + K_p)$$

b) *Măsurarea „impedanţei mixte"*. De cele mai multe ori scurtcircuitele nu sînt metalice, ci prin arc electric. Rezistenţa suplimentară apărută la locul defectului datorită arcului face ca releul să măsoare o impedanţă:

$Z_r = 2Z_{lsc} + R_{arc}$ la scurtcircuit bifazat, sau

$Z_r = Z_{lsc}(1 + K_p) + R_{arc}$ la scurtcircuit monofazat.

Aşa cum rezultă din fig. 6.9, utilizînd un element de măsurare cum este cel prezentat în fig. 6.4, cu diagrama de acţionare un cerc cu centrul în originea axelor R, X, riscăm ca chiar în situaţia în care impedanţa de scurtcircuit Z_{sc} este situată în interiorul cercului de acţionare, releul să nu acţioneze, deoarece el măsoară de fapt impedanţa totală Z_r, cu defazajul φ_r.

Pentru a compensa rezistenţa arcului, montajul diferenţial din fig. 6.4 a fost completat cu un transformator T, prin intermediul căruia curentul redresat i_u din circuitul de tensiune nu mai este determinat numai de tensiunea de pe bare, ci şi de curentul liniei protejate.

Elementul de măsurare astfel obţinut (fig. 6.11), poartă numele de element de măsurare a „impedanţei mixte".

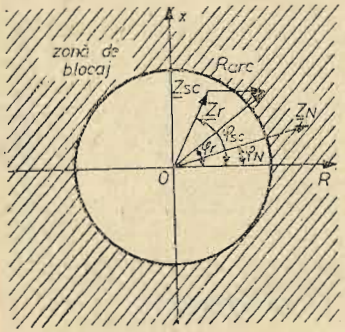


Fig. 6.9.

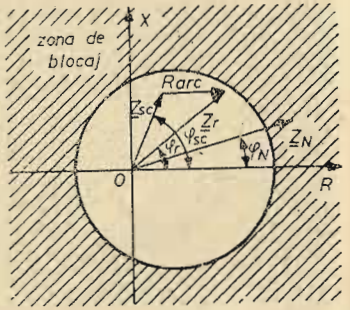


Fig. 6.10.

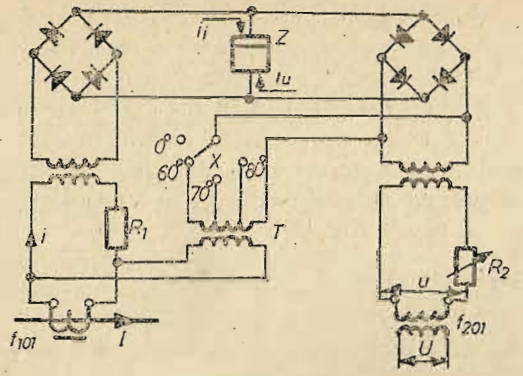


Fig. 6.11.

Diagrama lui de acţionare este dată în fig. 6.10, fiind un cerc cu centrul deplasat pe axa R.

La releul RD-110 elementul de măsurare a „impedanţei mixte" a fost astfel conceput încît în cazul unui scurtcircuit la capătul zonei protejate, el să lucreze corect pentru valori maxime ale rezistenţei de arc egale cu 60% din impedanţa fixată pe releu.

În funcţie de unghiul de scurtcircuit φ_{sc} al liniei protejate, prin comutarea eclisei X (fig. 6.3 şi fig. 6.11), se poate realiza o deplasare a centrului cercului pentru măsurarea impedanţei mixte (fig. 6.10).

Aşa cum s-a văzut, elementul de măsurare compară impedanţa buclei de scurtcircuit, cu nişte impedanţe fixate pe releu. Aceste impedanţe, care sînt notate cu r_1, r_k, r_2 şi r_3, pot lua diverse valori prin deconectarea unor eclise de şuntare de pe panoul frontal al releului de distanţă.

Dacă pentru r_1 avem de reglat de exemplu 4,8Ω, se deconectează eclisele care şuntează rezistenţele 1,6 Ω şi 3,2 Ω. Pentru aceeaşi valoare se pot executa bineînţeles şi alte combinaţii.

r_1 reprezintă impedanţa fixată pe releu pentru un scurtcircuit ce are loc în treapta I.

r_k reprezintă impedanţa suplimentară care se introduce în circuit, cînd se doreşte prelungirea treptei I.

r_2 reprezintă impedanța suplimentară care adunată la r_1, servește la măsurarea defectelor din treapta a II-a.

r_3 reprezintă impedanța suplimentară care adunată la r_1 și r_2, servește la măsurarea defectelor din treapta a III-a.

În tabelul 6.1 sînt date toate valorile care pot fi reglate pentru rezistențele r_1, r_k, r_2 și r_3, atît pentru varianta releului de distanță cu $I_n = 5$ A, cît și pentru cel cu $I_n = 1$ A.

Tabelul 6.1

Releu cu curentul nominal $I_n = 5$ A				Releu cu curentul nominal $I_n = 1$ A			
r_1	r_k	r_2	r_3	r_1	r_k	r_2	r_3
0,025	—	—	—	0,125	—	—	—
0,025	0,05	0,05	—	0,25	0,25	0,25	—
0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	0,50	0,50	0,50
0,20	0,20	0,20	0,20	1,0	1,0	1,0	1,0
0,40	0,40	0,40	0,40	2,0	2,0	2,0	2,0
0,80	0,80	0,80	0,80	4,0	4,0	4,0	4,0
1,60	1,60	1,60	1,60	8,0	8,0	8,0	8,0
3,20	3,20	3,20	3,20	16,0	16,0	16,0	16,0
6,40	—	6,40	6,40	32,0	—	32,0	32,0
—	—	—	12,80	—	—	—	64,0

Pentru a obține valorile r_1, r_k, r_2 și r_3 reglate pe releu, trebuie să cunoaștem impedanțele secundare, Z_{1s}, Z_{ks}, Z_{2s} și Z_{3s}, ale fiecărei trepte exiprimate în [Ω/buclă].

Se obțin astfel:

$$r_1 = \frac{Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2} - C_3\ [\Omega] \qquad r_2 = \frac{Z_{2s} - Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2}\ [\Omega]$$

$$r_k = \frac{Z_{ks} - Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2}\ [\Omega] \qquad r_3 = \frac{Z_{3s} - Z_{2s}}{C_1 \cdot C_2}\ [\Omega]$$

— factorul C_1, numit factor de reducere a impedanței, poate lua valorile 0,5 sau 1 în funcție de poziția eclisei C_1 de pe panoul frontal al releului;

— factorul C_2, depinde de unghiul de scurtcircuit al liniei. În funcție de poziția eclisei X de pe panoul frontal, C_2 poate lua valorile date în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

X	0°	60°	70°	80°
C_2	1	1,1	1,02	0,97

Pentru eclisa X fixată în dreptul notației 0°, se obține caracteristica din fig. 6.5. În celelalte poziții, se obține o caracteristică ca în fig. 6.10. Dacă unghiul de scurtcircuit al liniei este de exemplu de 60°, se alege $C_2 = 1{,}1$. Pentru unghiuri de scurtcircuit diferite de cele din tabelul 6.2, se pot folosi diagramele din tabelul 6.3;

— factorul C_3, rezultă din impedanța de bază fixă a releului și ia valoarea 0,2 pentru releele cu $I_n = 5$ A și 1 pentru releele cu $I_n = 1$ A.

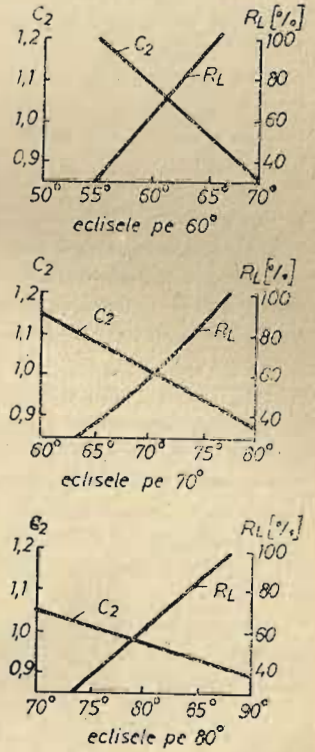
6.2.1.3. **Elementul de direcție.** Elementul de direcție Q are rolul de a controla sensul puterii în circuitul supravegheat. El dispune de un contact basculant q (fig. 6.3), care este orientat pe declanșare.

Ca și elementul pentru măsurarea impedanței de defect, elementul de direcție este constituit dintr-un releu cu bobină mobilă de tip RSf-4 ,care lucrează după principiul „balanței electrice" (fig. 6.12).

Diagrama de acționare a releului direcțional este dată în fig. 6.13, unghiul de sensibilitate maximă obținîndu-se pentru un curent decalat cu 60° inductiv față de tensiune.

Elementul de direcție este alimentat cu tensiunea și curentul secundar de scurtcircuit, după schema de „0°".

Tabelul 6.3.



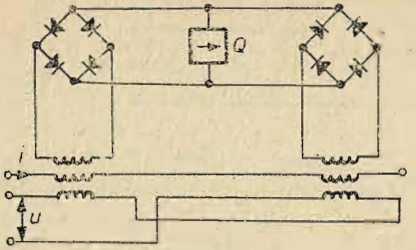


Fig. 6.12.

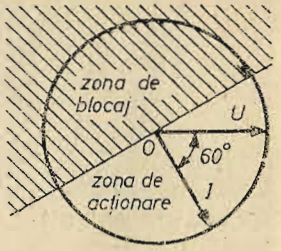


Fig. 6.13.

6.2.1.4. **Elementul de timp.** Elementul de timp T are drept rol mărirea succesivă a domeniului de măsurare, pînă cînd defectul este eliminat. El dispune de cinci trepte de timp cu reglaj continuu între 0 și 10 secunde. În primele trei trepte declanșarea are loc în funcție de distanță. Treapta a IV-a notată „*te*" nu este în funcție de distanță, ea asigurînd declanșarea numai în baza demarajului. Această treaptă poate fi direcționată sau nu, în funcție de poziția eclisei L_2 (fig. 6.3).

Treapta a V-a *tg* comandă declanșarea numai ca urmare a demarajului, fiind independentă de direcție.

Acționarea elementul de temporizare, se face cu un motor de curent continuu a cărui turație se menține constantă cu ajutorul unui regulator centrifugal, chiar și în cazul unor variații mari a tensiunii de alimentare.

6.2.1.5. **Blocajul la pendulații.** După cum se știe pendulațiile sînt fenomene nedorite care pot apare într-un sistem energetic ca urmare a unor variații bruște de sarcină generate de scurtcircuite în apropierea unor centrale importante, precum și ca urmare a conectării sau deconectării unor mari consumatori.

Pendulațiile sînt caracterizate de regulă prin fluctuații ale puterii transportate pe linii și prin variații bruște ale frecvenței.

În aceste condiții, curenții, tensiunile, precum și sensul energiei pe linii, pot lua valori care să corespundă condițiilor de declanșare ale protecției de distanță.

Declanșarea liniilor în caz de pendulații în sistem este nedorită, deoarece aceasta ar putea produce amplificarea

pendulațiilor și în final deconectarea succesivă a grupurilor din centrale.

Cum la pendulații variațiile de sarcină se produc simetric pe toate fazele, pentru releul RD-110 s-a utilizat drept criteriu de stabilire a apariției pendulațiilor, demarajul simultan al releelor A_R, A_S, A_T, fără curent homopolar (releul A_0).

La § 6.2.1.6.b, se va explica concret modul de acționare a blocajului la pendulații.

6.2.1.6. **Funcționarea releului de distanță RD-110.** În țara noastră releele de distanță sînt folosite în general pentru protecția liniilor de înaltă tensiune.

După cum se știe, acestea fac parte dintr-o rețea cu neutrul legat efectiv la pămînt. De aceea, se va prezenta numai modul de funcționare a releelor de distanță pentru acest caz, renunțîndu-se din lipsă de spațiu la prezentarea funcționării releelor de distanță în rețelele cu neutrul compensat.

a) *Funcționarea RD-110 în cazul unui scurtcircuit monofazat (R-0).* În acest caz prin excitarea releelor de demaraj A_R și A_0, se excită releele B_{R1}, B_{R2}, B_{R3} și B_{01}, B_{02} (fig. 6.3).

Prin intermediul contactului bl_3^1 normal închis și br_3^1 închis pe de o parte și contactul închis bo_2^2 pe de altă parte, se alimentează elementul de direcție Q și elementul de măsurare Z cu tensiuni proporționale cu curentul de scurtcircuit. Aceste tensiuni sînt culese de pe rezistențele Rr și Ro.

Prin intermediul contactului normal închis bl_2^1, contactului închis br_2^1 pe de o parte și contactul închis bo_2^1 pe de altă parte se alimentează aceleași elemente cu tensiunile de defect.

În urma închiderii contactului br_1^1 se excită W_1 și W_2, se pornește motorul electric al releului de timp T, se excită cupla K, pentru acționarea mecanismului de timp și totodată se dă un impuls contorului N.

Datorită închiderii contactului W_1^1, circuitul elementului de măsurare Z este închis și acesta are condiții de lucru.

În același timp, prin închiderea contactului W_1^2 este introdusă în circuitul de măsurare rezistența r_1 corespunzătoare treptei I.

Dacă scurtcircuitul este pe linie și nu există pendulații în sistem, contactele q al elementului de direcție și pk al elementului pentru blocaj la pendulații vor fi închise.

În caz că scurtcircuitul este în treapta I, elementul de măsurare Z își închide contactul Z și după scurgerea timpului corespunzător treptei I, se închide contactul t_1 al elementului de timp T. Se excită astfel releele E_1 și E_2 care se automențin prin contactul închis e_1^1. Prin închiderea contactului e_1^1, se întrerupe circuitul de alimentare al motorului M al elementului de timp, care încetează să mai funcționeze. Comanda de declanșare a întreruptorului de putere este dată prin intermediul contactelor e_2^1 și e_2^2.

Ca urmare a deconectării întreruptorului liniei defectul este eliminat, astfel că se dezexcită releele B_{R1}, B_{R2}, B_{R3}, B_{01}, B_{02}, W_1, W_2, E_1 și E_2, schema revenind la starea inițială.

Dacă elementul de măsurare Z nu acționează, la închiderea contactului t_1 nu se va produce declanșarea.

După timpul corespunzător treptei a II-a, se închide contactul t_2, care excită releul H. Acesta, prin deschiderea contactului h_2, introduce în circuitul de comparație rezistența r_2. Prin închiderea contactului h_1, se pregătește circuitul de declanșare pentru situația în care elementul de măsurare Z are contactul închis, ca urmare a unui defect în treapta a II-a.

Dacă defectul nu a fost eliminat în treapta a II-a, după trecerea timpului corespuuzător treptei a III-a, se va deschide contactul t_3, care va introduce în circuitul de comparație rezistența r_3.

Dacă nici în treapta a III-a releul nu declanșează, declanșarea poate avea loc după scurgerea timpului reglat ca urmare a închiderii contactelor *te* sau *tg*. În funcție de poziția eclisei L_2, declanșarea dată prin contactul *te* poate fi sau nu direcționată.

În celelalte cazuri de scurtcircuit RD-110 va funcționa în mod asemănător. În tabelul 6.4 sînt indicate mărimile cu care se alimentează elementele de direcție și măsurare la fiecare defect în parte.

Dacă una sau mai multe din clapetele releelor B_{R1}, B_{S1}, B_{T1}, B_{01} vor indica funcționarea împreună cu clapeta releului *Qf*, înseamnă că releul a sesizat apariția unor curenți de scurtcircuit dar sensul energiei a fost în sens contrar celui ales pentru elementul de direcție Q.

Tabelul 6.4

Tipul scurtcircuitului	Mărimile cu care se alimentează elementele de direcție și măsurare		Indicațiile releelor intermediare ce au clapetă de semnalizare :
	curent	tensiune	
R-O	R-O	R-O	B_{R1} ; B_{01} ; E_1
S-O	S-O	S-O	B_{S1} ; B_{01} ; E_1
T-O	T-O	T-O	B_{T1} ; B_{01} ; E_1
R-S	R-S	R-S	B_{R1} ; B_{S1} ; E_1
S-T	S-T	S-T	B_{S1} ; B_{T1} ; E_1
T-R	T-R	T-R	B_{T1} ; B_{R1} ; E_1
RS-O	R-O	R-O	B_{R1} ; B_{S1} ; B_{01} ; E_1
ST-O	S-O	S-O	B_{S1} ; B_{T1} ; B_{01} ; E_1
TR-O	T-O	T-O	B_{T1} ; B_{R1} ; B_{01} ; E_1
RST	T-R	T-R	B_{R1} ; B_{S1} ; B_{T1} ; E_1
RST-O	T-O	T-O	B_{R1} ; B_{S1} ; B_{T1} ; B_{01} ; E_1

b) *Funcționarea RD-110 în cazul apariției pendulațiilor în sistem.* Așa cum s-a amintit la § 6.2.1.5, RD-110 folosește drept criteriu de sesizare a apariției pendulațiilor, demarajul simultan pe cele trei faze fără curent homopolar.

Prin închiderea simultană a contactelor bs_1^2, br_1^3, bt_1^3 și prin contactele normal închise bo_1^1, e_1^2, se excită releul Pk. Acesta, prin deschiderea contactului normal închis *pk*, blochează funcționarea releului RD-110 în treapta I.

RD-110 deosebește un defect trifazat fără pămînt de apariția pendulațiilor, prin faptul că la pendulații impedanța fictivă măsurată atinge valorile de declanșare mai lent decît la scurtcircuit.

6.2.1.7. **Principalele caracteristici tehnice ale releului de distanță RD-110**

— curent nominal : 1 sau 5 A ;

— tensiune nominală : 100 V ; 50 Hz ;

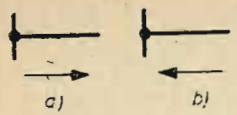


Fig. 6.14.

— tensiune continuă auxiliară: 24; 60; 110 sau 220 V c.c.;

— domeniul de reglaj al elementelor de demaraj la supracurent A_R, A_S, A_T: 0,8...2 In;

— domeniul de reglaj pentru elementul de demaraj la curent homopolar A_0: 0,4...1 In;

— eroarea de măsurare a impedanței: $\pm 5\%$, pentru $\varphi = \varphi_{sc}$;

— reglajul elementului de timp: 0...10 s;

— sensibilitatea elementului de direcție: 0,1 V, la 1...20 I_n și la $\varphi_{sc} = 60°$ ind;

— factor de pământ: 45...155%, în trepte de 5%.

Pentru o exploatare corespunzătoare a RD-110, trebuie cunoscut că:

— lampa Gl_1 indică prin aprindere prezența tensiunii continue operative;

— lampa Gl_2 indică prin aprindere alimentarea cu tensiuni de succesiune directă R, S, T, a releului RD-110;

— eclisa L_1 face posibilă comutarea schemei de selectare cilic (R, S, T) sau aciclic (T, R, S). În rețelele cu neutrul legat la pământ se utilizează sistemul ciclic, eclisa L_1 fiind conectată ca în fig. 6.3;

— eclisa L_2 direcționează sau nu treapta „*te*" a elementului de timp;

— eclisa L_3 alege sensul în care elementul de direcție „vede" defectul:

— în poziția din fig. 6.14, *a* releul „vede" defectele pe linie;

— în poziția din fig. 6.14, *b* releul „vede" defectele spre bare.

— eclisa L_4 șuntează prin conectare blocajul la pendulații;

— puntea Z_k trebuie efectuată în situația cînd nu se dorește prelungirea treptei I înainte de RAR;

— la bornele *9—10* ale RD-110 se poate măsura tensiunea U_{1K} proporțională cu curentul de scurtcircuit cu care se alimentează elementele Q și Z;

— la bornele *11—12* ale RD-110 se poate măsura tensiunea U_{UK} proporțională cu tensiunea de scurtcircuit, cu care se alimentează elementele Q și Z.

6.2.1.8. **Releul de demaraj la minimă impedanță Q_3.** S-a observat că la scurtcircuite pe linii de lungime mare sau în timpul unei cereri mai mici de putere în sistem, curentul de scurtcircuit I_{sc} poate să nu depășească valoarea reglată pe elementele de demaraj la supracurent. Pot exista de asemenea situații de exploatare a unor linii în regim de suprasarcină, fără a se dori declanșarea acestora.

Din cele de mai sus rezultă ca utilizarea supracurentului ca element de sesizare a unui scurtcircuit nu este totdeauna satisfăcătoare. Pentru a compensa aceste neajunsuri s-au introdus în fabricație elemente de demaraj la minimă impedanță.

Uzinele EAW — R.D.G. fabrică trei tipuri de elemente de demaraj la minimă impedanță, care pot funcționa împreună cu releul de distanță RD-110.

Astfel, dispozitivul Q_2 este utilizat în combinație cu RD-110, cînd acesta este montat pentru protecția liniilor ce funcționează în rețelele cu neutrul compensat.

Dispozitivele Q_3 (fig. 6.15, planșă) și Q_4 sînt utilizate împreună cu RD-110, cînd acesta protejează linii ce funcționează în rețelele cu neutrul efectiv legat la pământ.

În planul Z caracteristica de acționare a dispozitivului Q_3 este un cerc cu centrul în origine. Rezultă că în acest caz, criteriul de demaraj este numai mărimea impedanței măsurate, nu și unghiul ei.

În fig. 6.16 cercurile de rază Z_1, Z_2, Z_3 reprezintă diagramele de acționare ale celor trei trepte ale elementului de măsurare Z, în cazul cînd acesta măsoară o impedanță mixtă.

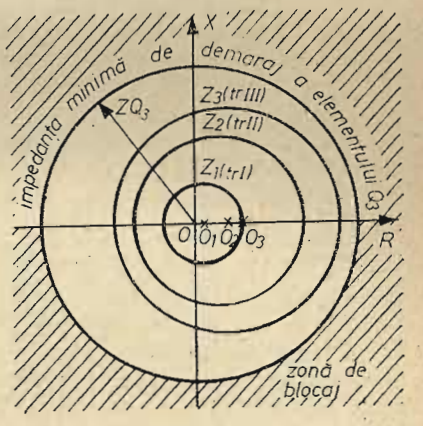


Fig. 6.16.

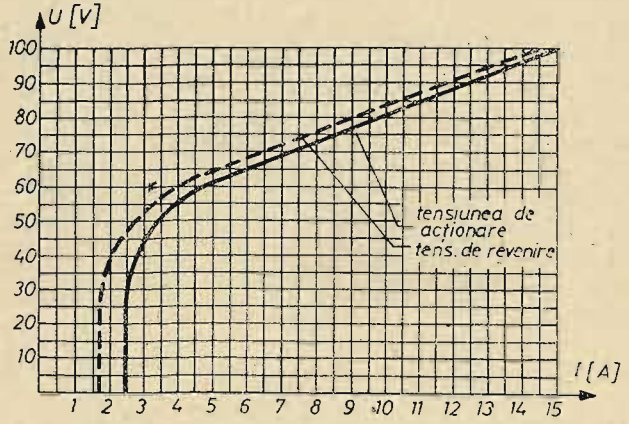
Cercul de rază ZQ_3 reprezintă diagrama de acționare a elementului de demaraj la minimă impedanță Q_3.

Dacă la un scurtcircuit impedanța $|\underline{Z}_{sc}|$, măsurată de elementul Q_3 este mai mare decît ZQ_3, acesta nu va lucra.

Dacă însă $|\underline{Z}_{sc}| < ZQ_3$, atunci elementul Q_3 va acționa trimițînd un impuls releului de distanță RD-110 (vezi fig. 6.3), care va măsura și el această impedanță, eliminînd defectul într-o treaptă corespunzătoare.

În tabelul diagramă 6.5 este prezentată caracteristica de acționare $U = f(I)$ a elementului Q_3.

Tabelul 6.5.



Pentru măsurarea impedanțelor, Q_3 dispune de trei elemente de impedanță minimă, A_r, A_s, A_t, care în principiu funcționează conform schemei prezentate în fig. 6.17.

Pentru a sesiza apariția scurtcircuitelor monofazate. Q_3 dispune de releul A_0, cu reglaj continuu în gama 1,7 ÷ 4 A,

Spre deosebire de Q_3, dispozitivul Q_4 este utilizat în acele situații în care din cauza condițiilor din sistem, trebuie folosit drept criteriu suplimentar pentru măsurarea impedanței minime, unghiul de scurtcircuit. Diagrama de acționare în acest caz este tot un cerc, însă cu centrul deplasat pe axa X (fig. 6.18).

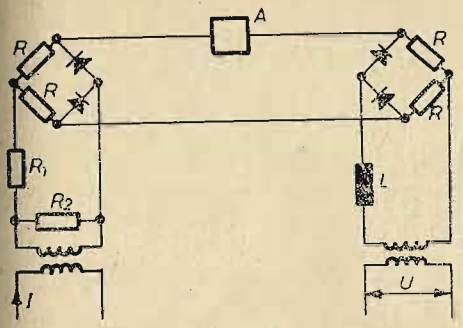


Fig. 6.17.

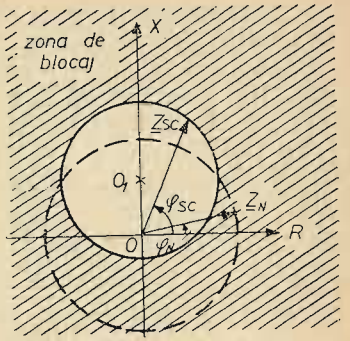


Fig. 6.18.

În fig. 6.18, $\underline{Z}_N$, φ_N reprezintă impedanța și defazajul liniei în regim normal de funcționare, iar $\underline{Z}_{sc}$, φ_{sc}, aceleași mărimi în caz de scurtcircuit.

Se observă că în regim normal de funcționare impedanța $\underline{Z}_N$ se află în zona de blocaj. Dacă s-ar fi folosit dispozitivul Q_3 (cercul punctat), impedanța de sarcină $\underline{Z}_N$ ar fi fost în interiorul cercului și dispozitivului Q_3 ar fi acționat ca și cum ar fi fost un scurtcircuit.

Deoarece în instalațiile din țara noastră utilizarea dispozitivului Q_4 este mult mai restrînsă decît a dispozitivului Q_3, în cele ce urmează va fi tratată numai verificarea lui Q_3.

6.2.1.9. **Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță RD-110 care protejează o linie de 110 kV.** Prin planul de reglaje se dau următoarele valori:

1) Demarajul la supracurent $I_p = 450$ A.
2) Demarajul la curent homopolar $I_{p0} = 150$ A.
3) Treptele de acționare sînt:
   trepta I: $Z_{1p} = 20{,}57$ Ω/buclă* $t_1 = 0{,}1$ s
   prelungirea treptei I: $Z_{kp} = 25{,}24$ Ω/buclă
   treapta II: $Z_{2p} = 37{,}40$ Ω/buclă $t_2 = 0{,}5$ s
   treapta III: $Z_{3p} = 55{,}16$ Ω/buclă $t_3 = 1{,}0$ s
   demarajul direcționat, $te = 3{,}5$ s
   demarajul nedirecționat, $tg = 6{,}5$ s
4) Unghiul de scurtcircuit al liniei, $\varphi_{sc} = 70°$.

* Impedanța în [Ω/buclă] este egală cu dublul impedanței în [Ω/fază]

5) Raportul dintre impedanța homopolară și cea directă este : $Z_h/Z_d = 3{,}4$.

6) Transformatoarele de curent instalate pe linie au raportul : $n_{TC} = 300/5$ A.

7) Transformatoarele de tensiune au raportul $n_{TU} = 110\,000/100$ V.

În funcție de cele de mai sus, rezultă :

a) *Valoarea de reglaj pentru releele de demaraj la supracurent* A_R, A_S, A_T :

$$i_{R,\ S,\ T} = \frac{I_p}{n_{TC}} = 450 \cdot \frac{5}{300} = 7{,}5 \text{ A.}$$

b) *Valoarea de reglaj pentru releul de curent homopolar* A_0 :

$$i_0 = \frac{I_{p0}}{n_{TC}} = 150 \times \frac{5}{300} = 2{,}5 \text{ A.}$$

c) *Valoarea de reglaj a rezistențelor* r_1, r_k, r_2 și r_3.

Va trebui mai întîi să se determine valorile secundare ale treptelor de acționare.

$$Z_{1s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{1p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 20{,}57 = 1{,}121 \ \Omega/\text{buclă}$$

$$Z_{ks} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{kp} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 25{,}24 = 1{,}376 \ \Omega/\text{buclă} \qquad (6.6)$$

$$Z_{2s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{2p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 37{,}4 = 2{,}039 \ \Omega/\text{buclă} \qquad (6.6)$$

$$Z_{3s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{3p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 55{,}16 = 3{,}006 \ \Omega/\text{buclă}$$

alegînd : $C_1 = 0{,}5$

$C_2 = 1{,}02$ (deoarece $\varphi_{sc} = 70°$)

și $C_3 = 0{,}2$ (deoarece releul are $I_n = 5$ A) și introducîndu-le în formulele de la § 6.2.1.2, vom obține :

$$r_1 = \frac{Z_{1s}}{C_1 C_2} - C_3 = \frac{1{,}121}{0{,}5 \cdot 1{,}02} - 0{,}2 = 1{,}998 \ \Omega \approx 2 \ \Omega.$$

Această valoare se reglează deconectînd în dreptul rezistenței r_1 de pe panoul frontal, una sau mai multe eclise,

în așa fel încît suma valorilor înscrise în dreptul eclișelor deconectate să fie egală cu valoarea determinată mai sus (2 Ω).

Pentru situația dată, se deconectează de exemplu eclișele din dreptul valorilor 0,4 Ω și 1,6 Ω.

$$r_k = \frac{Z_{ks} - Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2} = \frac{1{,}376 - 1{,}131}{0{,}5 \cdot 1{,}02} = 0{,}499 \ \Omega \approx 0{,}5 \ \Omega.$$

și se deconectează eclișele 0,1 și 0,4 Ω.

$$r_2 = \frac{Z_{2s} - Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2} = \frac{2{,}038 - 1{,}121}{0{,}5 \cdot 1{,}02} = 1{,}798 \ \Omega \approx 1{,}8 \ \Omega.$$

și se deconectează eclișele 0,2 Ω și 1,6 Ω.

$$r_3 = \frac{Z_{3s} - Z_{1s}}{C_1 \cdot C_2} = \frac{3{,}006 - 2{,}038}{0{,}5 \cdot 1{,}02} = 1{,}898 \ \Omega \approx 1{,}9 \ \Omega.$$

și se deconectează eclișele 0,1 Ω ; 0,2 Ω ; 1,6 Ω.

d) *Fixarea temporizărilor* se face pentru fiecare treaptă în parte acționînd asupra discurilor de reglaj respective.

e) *Determinarea factorului de pămînt* K_p se face utilizînd formula :

$$K_p = \frac{1}{3}\left(\frac{Z_h}{Z_d} - 1\right)$$

în care Z_h și Z_d sînt impedanța homopolară, respectiv directă.

$$K_p = \frac{1}{3}(3{,}4 - 1) = 0{,}8.$$

6.2.1.10. **Verificarea releului de distanță RD-110.** Verificarea generală, verificarea mecanică, verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a releului RD-110.*

a.1) Verificarea elementelor de demaraj la supracurent. Se execută utilizînd montajul

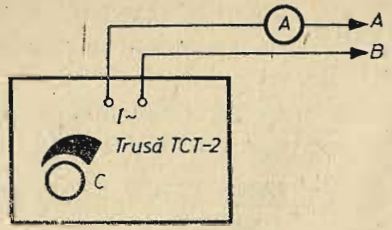


Fig. 6.19.

din fig. 6.19, care se va conecta la releul RD-110 conform indicațiilor din tabelul 6.6.

Tabelul 6.6

Element de demaraj	*A* și *B* se conectează la :	Zumărul se conectează la bornele :	Releele intermediare care se excită
1	2	3	4
A_R	*1—4*	*27—28*	B_{R1} ; B_{R2} ; B_{R3}
A_S	*2—4*	*29—30*	B_{S1} ; B_{S2}
A_T	*3—4*	*31—32*	B_{T1} ; B_{T2} ; B_{T3}
A_0	*1, 2* sau *3—4*	*25—33*	B_{01} ; B_{02}

Pentru a sesiza închiderea contactelor releelor de curent A_R, A_S, A_T, A_0, există două posibilități :

— releul de distanță RD-110 nu este alimentat cu tensiune operativă și atunci se utilizează un zumăr conform indicațiilor din tabelul 6.6, coloana 3 ;

— releul de distanță este alimentat cu tensiune operativă și atunci se urmăresc indicațiile releelor din tabelul 6.6, coloana 4.

În acest al doilea caz, pentru a nu solicita elementul de timp în mod inutil, se așază o bucată de hîrtie în așa fel încît contactele normal închise ale releului E_1 să fie izolate.

Proba se execută ca la releele de curent.

La revizii, este suficientă numai verificarea punctului de reglaj.

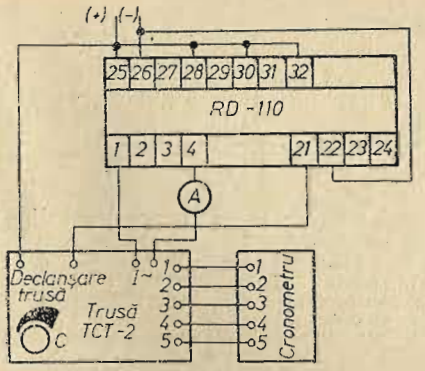


Fig. 6.20.

La puneri în funcțiune, după reparații asupra elementelor de supracurent, sau ori de cîte ori se consideră necesar, se verifică întreaga scală. Coeficientul de revenire trebuie să fie aproximativ 0,85.

a.2) F i x a r e a ș i v e r i f i c a r e a t r e p t e l o r d e t i m p. Proba se execută utilizînd montajul din fig. 6.20.

Este recomandabil ca fixarea treptelor de timp să se execute pe cît posibil în mod independent de verificarea caracteristicii impedanță-timp a elementului de măsurare.

La releele RD-110 fixarea reglajelor se face în mod succesiv, pornind de la treapta maximă către treapta I, după ce în prealabil, cu ajutorul mînerului *C*, s-a fixat un curent suficient de mare pentru a asigura demarajul.

Pentru a fixa temporizarea lui *tg*, se reglează discul respectiv în dreptul valorii date prin planul de reglaje, celelalte discuri fiind așezate pe valoare maximă (10 s). Înaintea fiecărei conectări a trusei TCT-2, armătura releului *H* trebuie ținută apăsată cu mîna. Pentru treapta a IV-a *(te)*, se procedează în mod analog, fără a modifica însă reglajul discului *tg*.

Fixarea temporizării treptei a III-a se execută conform indicațiilor scalei, urmînd ca verificarea reglajului să se facă în cadrul probei de la § 6.2.1.10, punctul a.3).

După aceasta, se reglează temporizarea treptei a II-a, apoi a treptei I, fără a mai ține apăsată armătura releului *H*,

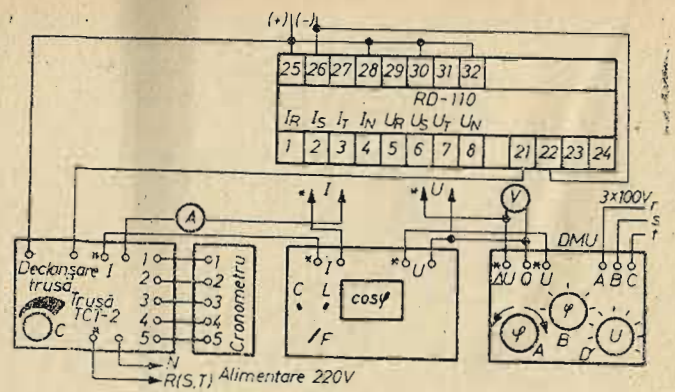


Fig. 6.21.

a.3) Verificarea elementului de măsurare, Z. În cadrul probei se urmărește ridicarea caracteristicii elementului de măsurare Z.

Pentru aceasta, utilizînd montajul din fig. 6.21, se aplică releului de distanță curenți și tensiuni ce corespund valorilor secundare cu care s-ar alimenta releul în cazul unui defect real.

Caracteristica circulară se ridică prin puncte (pentru fiecare treaptă în parte), considerînd următoarele unghiuri de scurtcircuit: 0°; $\varphi_{sc\ linie}$; 90°; 180°; 270°.

Tensiunile limită pentru bascularea dintr-o treaptă în alta sînt:

$$U_{lim\ i} = 2Z_{i\varphi} \times I_{s\ sc} \text{ pentru scurtcircuite bifazate} \qquad (6.7)$$

$U_{lim\ i} = (1 + K_p) \times Z_{i\varphi} \times I_{s\ sc}$, pentru scurtcircuite monofazate.

în care:

$I_{s\ sc}$ este curentul secundar de scurtcircuit;
K_p — factor de pămînt;
$Z_{i\varphi}$ — impedanța secundară de acționare la scurtcircuit pentru unghiul φ;
$i = 1; K; 2; 3$ — indică treapta.

Valorile obținute prin calcule cu formulele (6.7) nu trebuie să difere de cele obținute în urma măsurărilor cu mai mult de $\pm 5\%$, pentru un unghi de defazaj egal cu $\varphi_{sc\ linie}$.

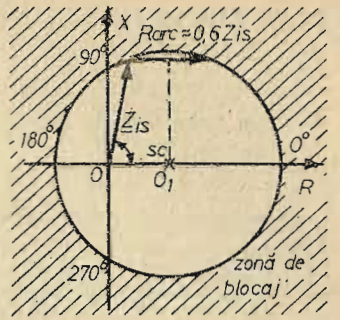


Fig. 6.22.

În cazul că se verifică o caracteristică cu centrul în originea axelor, pentru impedanțele $Z_{i\varphi}$ din formulele (6.7) se folosesc valorile obținute cu formulele (6.6). Deoarece caracteristica este cu centrul în origine, valorile $U_{lim\ i}$ măsurate sau calculate trebuie să fie egale pentru aceeași treaptă, indiferent care este unghiul de defazaj φ, dintre curentul și tensiunea aplicată releului.

Dacă se verifică însă o caracteristică cu centrul deplasat, valorile Z_{is} obținute cu ajutorul formulelelor (6.6) corespund impedanțelor defazate față de axa R, cu unghiul de scurtcircuit φ_{sc} al liniei protejate.

În funcție de valorile Z_{is} ce se obțin cu formulele (6.6), de $\varphi_{sc\ linie}$ și ținînd cont de faptul că rezerva de arc $R_{arc} = 0{,}6\ Z_{is}$ (fig. 6.22), se pot calcula valorile impedanțelor $Z_{i\varphi}$ la care are loc bascularea dintr-o treaptă în alta, la unghiuri de scurtcircuit egale cu 0°; $\varphi_{sc\ linie}$; 90°; 180; 270°; (tabelul 6.7).

Tabelul 6.7

Puncte de intersecție cu axele	Formule de calcul pentru $Z_{i\varphi}$
$\varphi = 0°$	$Z_{is}(\sqrt{0{,}09 + \sin^2\varphi} + 0{,}3 + \cos\varphi)$
$\varphi = \varphi_{sc}$ linie	Z_{is}
$\varphi = 90°$	$Z_{is}\sqrt{1 - 0{,}6\cos\varphi - 2\cos^2\varphi}$
$\varphi = 180°$	$Z_{is}(\sqrt{0{,}09 + \sin^2\varphi} - 0{,}3 - \cos\varphi)$
$\varphi = 270°$	$Z_{is}\sqrt{1 - 0{,}6\cos\varphi - 2\cos^2\varphi}$

În tabelul 6.7, Z_{is} reprezintă valorile obținute cu ajutorul formulelor (6.6). În mod concret, introducînd valorile obținute pentru Z_{1s}; Z_{KS}; Z_{2S}; Z_{3S} la § 6.2.1.9 în formulele din tabelul 6.7, se obțin valorile din tabelul 6.8.

Tabelul 6.8

Treapta	$Z_{i\varphi}$ \ φ	0°	70°	90°	180°	270°
tr. I	$Z_{1\varphi}$	1,824	1,121	0,839	0,385	0,839
prel. tr. I	$Z_{k\varphi}$	2,238	1,376	1,030	0,472	1,030
tr. II	$Z_{2\varphi}$	3,316	2,038	1,526	0,699	1,526
tr. III	$Z_{3\varphi}$	4,891	3,006	2,252	1,031	2,252

Înlocuind valorile de mai sus în formulele (6.7) și considerînd că curentul de scurtcircuit $I_{s\,sc} = 2I_n = 10$ A, obținem pentru tensiunile de basculare dintr-o treaptă în alta, valorile din tabelul 6.9.

Tabelul 6.9

Treapta \ Tensiunea		$U_{0°}$	$U_{\varphi sc}$	$U_{90°}$	$U_{180°}$	$U_{270°}$
Scurtcircuit monofazat	Prelungirea Tr. I	32,83	20,18	15,10	6,93	15,10
	tr. I	40,28	24,77	18,54	8,50	18,54
	Tr. II	59,69	36,68	27,47	12,58	27,47
	Tr. III	88,04	54,10	40,54	18,56	40,54
Scurtcircuit bifazat	Tr. I	36,48	22,42	16,78	7,7	16,78
	Prelungirea tr. I	44,76	27,52	20,60	9,44	20,60
	Tr. II	66,32	40,76	30,52	13,98	30,52
	Tr. III	97,82	60,12	45,04	20,62	45,04

În funcție de tipul scurtcircuitului simulat, circuitele de curent și tensiune din fig. 6.21 vor fi racordate la bornele releului conform tabelului 6.10. Probele se vor executa în mod obligatoriu pentru fiecare din cele șase grupe de defecte.

Tabelul 6.10

Scurtcircuit \ Borne	R-0 sau RS-0	S-0 sau ST-0	T-0; TR-0 sau RST-0	R-S	S-T	T-R sau RST
Curent	1*—4	2*—4	3*—4	1*—2	2*—3	3*—1
Tensiune	5*—8	6*—8	7*—8	5*—6	6*—7	7*—5

În mod practic, după ce s-au fixat valorile rezistențelor r_1, r_k, r_2 și r_3, verificarea elementului de măsurare decurge în două etape:

a.3.1) Etapa pregătitoare:

— se conectează la releu circuitele de curent și tensiune, conform tabelului 6.10;

— se conectează alimentarea trusei de curent și a transformatorului trifazat, reglînd curentul la 5 A și tensiunea la 100 V;

— se scoate unul din cordoanele de declanșare de la borna respectivă a trusei și se fixează în funcție de punctul în care urmează a se executa proba, un defazaj inductiv de 0°, 70°, 90°, 180° sau 270°;

— se scade la zero tensiunea, butoanele de reglaj ale decalorului rămînînd pe pozițiile fixate;

— se reglează un curent de 10 A corespunzător valorii secundare a $I_{s\,sc}$ din formulele (6.7);

— se deconectează trusa de curent, mînerul său de reglaj rămînînd pe valoarea fixată și se reduce circuitul de declanșare a trusei.

a.3.2) Etapa de verificare propriu-zisă

— se reglează tensiunea la valoarea corespunzătoare treptei I, ținînd cont de decalajul fixat (tabelul 6.9);

— conectînd trusa de curent se urmărește la cronometru ca declanșarea să aibă loc în treapta I, adică 0,1 secunde (§ 6.2.1.9);

— dacă declanșarea a avut loc în treapta I, se crește cu 2 ÷ 3 procente tensiunea, căutînd să determinăm tensiunea maximă de basculare în treapta a II-a;

— dacă la valoarea fixată pe releu (conform tabelului 6.9) declanșarea a avut loc direct în treapta a II-a, rezultă că va trebui să scădem această valoare, pentru a determina tensiunea maximă de basculare;

— se procedează în mod analog pentru determinarea tensiunilor de basculare din treapta a II-a în treapta a III-a, sau din treapta a III-a în treapta a IV-a.

Pentru a fi siguri de corectitudinea măsurărilor, din timp în timp se verifică defazajul şi valoarea reglată a curentului.

Pentru măsurarea tensiunilor de basculare în treptele I, II şi III, va fi efectuată puntea Z_k între bornele *13—14* ale RD-110. La măsurarea tensiunii corespunzătoare prelungirii treptei I, această punte va fi deconectată.

Ridicarea caracteristicii circulare a elementului de măsurare, respectiv verificarea valorilor din tabelul 6.9, este indicată a se executa la puneri în funcţiune şi după reparaţii executate asupra elementului de măsurare Z (sau în circuitele care ar putea afecta corecta lui funcţionare).

Deoarece releul RD-110 este un releu tip monosistem, ridicarea caracteristicii circulare a elementului de măsurare este suficient a se executa numai pentru un singur tip de scurtcircuit, de exemplu R-O sau R-S. Pentru toate celelalte tipuri de scurtcircuite, sînt suficiente numai verificarea declanşărilor corecte în fiecare treaptă pentru unghiul $\varphi_{sc\ linie}$.

La verificarea tensiunilor de basculare în punctele de defazaj 180° respectiv 270° este necesar ca eclisa L_3 să se treacă pe poziţia „direcţie în spate" (fig. 6.14, *b*) pentru a nu bloca funcţionarea Z.

Rezultatele măsurărilor se trec într-un tabel de forma tabelului 6.11, în care U_c sînt tensiunile calculate în tabelul 6.9, iar U_m, tensiunile măsurate.

Cu ocazia reviziilor periodice, se execută verificarea acţionărilor în fiecare treaptă, numai pentru unghiul de scurtcircuit, $\varphi_{sc\ linie}$ (valorile situate în chenarul din tabelul 6.8 şi tabelul 6.9). Rezultatele măsurărilor se trec într-un tabel de forma tabelului 6.12.

Elementul de măsurare se consideră corespunzător dacă funcţionează corect în fiecare treaptă, iar eroarea maximă dintre tensiunile măsurate şi cele calculate nu depăşeşte $\pm 5\%$, pentru $\varphi = \varphi_{sc}$.

a.4) Verificarea elementului direcţional Q. Se execută cu un montaj asemănător celui din fig. 6.21,

Tabelul 6.11

Defect	Unghi	Trepte											
		Tr. I			Prelungire tr. I			Tr. II			Tr. III		
		U_c	U_m	eroare	U_c	U_m	eroare	U_c	U_m	eroare	U_c	U_m	eroare
		V	V	%	V	V	%	V	V	%	V	V	%
R-O	0°	32,83			40,28			59,69			88,04		
	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
	90°	15,10			18,54			27,47			40,54		
	180°	6,93			8,50			12,58			18,56		
	270°	15,10			18,54			27,47			40,54		
S-O	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
T-O	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
R-S	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		
S-T	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		
T-R	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		

Tabelul 6.12

Defect	φ_{sc} linie	Trepte											
		Tr. I			Prelungire tr. I			Tr. II			Tr. III		
		U_c	U_m	Eroare	U_c	U_m	Eroare	U_c	U_m	Eroare	U_c	U_m	Eroare
		V	V	%	V	V	%	V	V	%	V	V	%
R-O	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
S-O	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
T-O	70°	20,18			24,77			36,68			54,10		
R-S	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		
S-T	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		
T-R	70°	22,42			27,52			40,76			60,12		

mai puţin circuitele pentru racordarea cronometrului şi cele pentru declanşarea trusei.

Pentru a bloca funcţionarea elementului de timp, se introduce ca şi la punctul a.1), o hîrtie pe contactele normal închise ale releului E_1.

Bornele de curent şi tensiune vor fi racordate la releu conform tabelului 6.10.

Pentru fiecare din cele şase grupe de defecte din tabelul 6.10, se va decala tensiunea între 0° şi 360°, notîndu-se

poziția contactului q al releului Q. Indiferent de tipul scurtcircuitului, trebuie să se obțină aceeași caracteristică de acționare.

Pe poziția orientată spre declanșare a contactului q, releul Q_f este dezexcitat, iar pe poziția orientată în sens invers, releul Q_f este excitat.

În caz că se decalează curentul, caracteristicile de acționare ale elementului direcțional vor fi identice, avînd aspectul din fig. 6.13.

Dacă se decalează tensiunea (se folosește un montaj asemănător cu cel din fig. 6.21), caracteristica obținută va fi ca în fig. 6.23.

Pentru unghiul de sensibilitate maximă, se va determina tensiunea minimă de acționare, care trebuie să aibă valoarea de 0,1 V.

b) *Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale RD-110.* Se execută în modul prezentat, pentru valorile date prin planul de reglaje.

6.2.1.11. **Verificarea releului de demaraj la minimă impedanță Q_3.**

a) *Ridicarea caracteristicii* $U = f(I)$. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.24. Se verifică cele trei elemente de demaraj A_R, A_S și A_T, atît la scurtcircuite monofazate cît și la scurtcircuite bifazate.

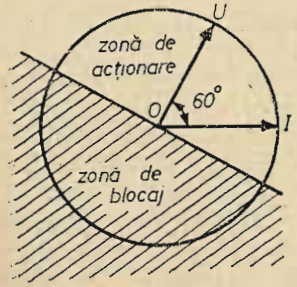


Fig. 6.23.

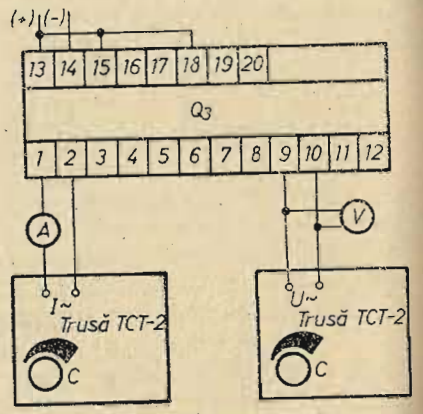


Fig. 6.24.

La bornele de tensiune se aplică succesiv valorile indicate în tabelul 6.13 (la scurtcircuite monofazate tensiunea se crește numai pînă la 60 V). Pentru fiecare din aceste valori se crește și apoi se scade curentul, determinîndu-se valorile de acționare și revenire a releelor $P(R)$; $N(S)$; $X(T)$, ce corespund valorilor de acționare a elementelor A_R, A_S, A_T.

Tabelul 6.13

U[V]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I_a [A]											
I_r [A]											

În funcție de tipul defectului și de elementul ce se verifică, circuitele de curent și tensiune din fig. 6.24 vor fi racordate la dispozitivul Q_3; ca în tabelul 6.14.

Tabelul 6.14

Elementul de demaraj	Circuite	A_R	A_S	A_T
Scurtcircuit monofazat	Curent	*1—8*	*3—8*	*5—8*
		punte *2—7*	punte *4—7*	punte *6—7*
	Tensiune	*9—12*	*10—12*	*11—12*
Scurtcircuit bifazat	Curent	*1—2*	*3—4*	*5—6*
	Tensiune	*9—10*	*10—11*	*9—11*

Elementele de demaraj se consideră corespunzătoare dacă se verifică curba din tabelul 6.5. În caz de nevoie, valorile obținute se pot ajusta acționînd asupra potențiometrelor de reglaj P_1, P_2, P_3, cu care este dotat fiecare element. Amplasamentul acestora în cadrul dispozitivului Q_3 este prezentat în fig. 6.25.

b) *Verificarea releului de curent homopolar* A_0. Se execută ca la un releu obișnuit de curent, conectîndu-se trusa curent-tensiune la bornele *7—8* ale releului Q_3 (fig. 6.26)

Valorile de acționare și revenire se determină urmărindu-se releul M.

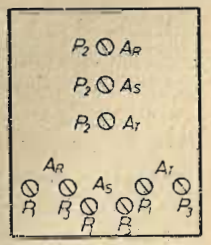


Fig. 6.25.

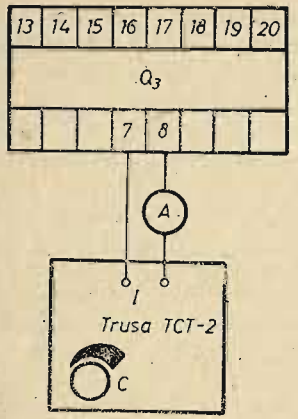


Fig. 6.26.

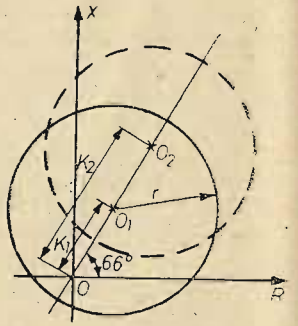


Fig. 6.27.

6.2.2. *Releu de distanță D 114*

Releul de distanță D-114 (fig. 6.28, planșă) este produs de firma ZPA Trutnov din R. S. Cehoslovacă. În țara noastră el se află în exploatare pe linii interconectate de 110, 220 și 400 kV. Ca și releul RD-110 el dispune de un singur element de măsurare și un singur element de direcție (releu tip monosistem).

Releul D-114 reprezintă varianta îmbunătățită a seriei de relee D-111, A, B, D, D-113, cu a căror funcționare și mod de calcul a reglajelor se aseamănă foarte mult.

În cele ce urmează vor fi prezentate principalele părți componente ale releului de distanță tip D-114.

6.2.2.1. **Elementele de demaraj la minimă impedanță** ZM_R, ZM_S, ZM_T. Au rolul de a asigura demarajul protecției la minimă impedanță. În planul Z caracteristica elementului de demaraj la minimă impedanță este un cerc avînd centrul deplasat în cadranul I, pe o dreaptă înclinată față de axa R cu 66° (fig. 6.27).

Raza cercului r se reglează în Ω/fază acționînd asupra butonului notat cu r, situat pe fața interioară a părții rabatabile a releului. Pentru fiecare element în parte, există cîte un asemenea buton.

Deplasarea K_1 a centrului caracteristicii de demaraj față de centrul axelor de coordonate O se reglează acționînd asupra butoanelor notate cu litera K și situate în dreapta fiecăruia din butoanele r, de mai sus.

Sub fiecare din cele două butoane r și K utilizate pentru reglajul caracteristicii elementelor de demaraj se găsește cîte o eclisă cu două poziții K_1 și K_2. Pe poziția K_1 a acestei eclise, caracteristica de lucru a elementului de demaraj se prezintă ca în fig. 6.27, porțiunea desenată cu linie plină (centrul cercului în O_1). Pe poziția K_2 a eclisei, caracteristica de lucru se prezintă ca în fig. 6.27, porțiunea desenată cu linie punctată (centrul cercului în O_2).

În calcule, față de diviziunile înscrise pe scala butonului K, se vor lua în considerare următoarele valori (tabelul 6.15).

Tabelul 6.15

Scala butonului K [Ω/faza] / Poziția eclisei	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3
K_1 [Ω/fază]	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3
K_2 [Ω/fază]	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,3	4,6

Dacă eclisa se găsește pe poziția K_1 și butonul K pe poziția 0, atunci caracteristica elementului de demaraj este un cerc cu centrul în originea axelor de coordonate.

Elementul de demaraj propriu-zis este constituit dintr-un releu magnetoelectric ce lucrează într-un montaj de tipul „balanță electrică", asemănător cu cel prezentat anterior.

În funcție de tipul defectului, elementele de demaraj sînt alimentate cu curenții și tensiunile indicate în tabelul 6.16.

Comutarea circuitelor de tensiune la scurtcircuite monofazate se realizează prin intermediul contactelor $2n_1$, $2n_2$, $2n_3$ ale releului $2N$.

Atît releul $2N$ cît și releul $1N$ aflat în paralel cu acesta sînt excitate de contactul an al releului de curent An, montat pe conductorul de nul. El sesizează apariția curentului homopolar (fig. 6.28).

Tabelul 6.16

Element de demaraj	Tipul scurtcircuitului	Curent	Tensiune
ZM_R	Cu pămînt Fără pămînt	O-R S-R sau T-R	R-O R-T
ZM_S	Cu pămînt Fără pămînt	O-S T-S sau R-S	S-O S-R
ZM_T	Cu pămînt Fără pămînt	O-T R-T sau S-T	T-O T-S

În funcție de contactele *zmr*, *zms*, *zmt*, ale elementelor de demaraj la minimă impedanță, se excită grupele de relee J_R, *1R*, *2R* sau J_S, *1S*, *2S*, respectiv J_T, *1T*, *2T*, care inițiază prin contactele lor funcționarea întregii scheme.

6.2.2.2. **Elementul de măsurare a impedanței de defect M.** Elementul de măsurare *M* este realizat, ca și elementele de demaraj, dintr-un releu magnetoelectric care lucrează într-o schemă de tipul „balanță electrică".

Diagrama de acționare a elementului de măsurare *M* este un cerc. În funcție de poziția fișei notate cu ε situată pe panoul frontal al releului, central O_1 al cercului poate avea diverse deplasări ε pe axa *R* (fig. 6.29). Pentru $\varepsilon = 0$, caracteristica are centrul în originea axelor.

Pe partea de curent elementul de măsurare este alimentat prin intermediul transformatorului *P* (fig. 6.28). Acesta are primarul secționat în două părți egale, care pot fi conectate în serie sau paralel, în funcție de poziția celor două fișe notate *K* pe panoul frontal. Prin aceasta, se modifică de la simplu la dublu, impedanța de bază a elementului de măsurare.

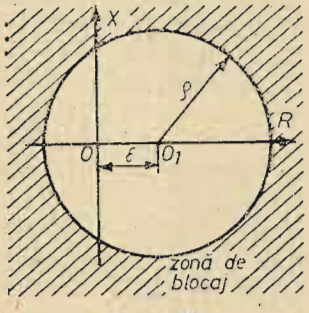


Fig. 6.29.

Primarul transformatorului *P* primește niște tensiuni proporționale cu curenții de defect culese de pe rezistențele *R1r*, *R1s*; *R1t*,

prin intermediul contactelor releelor de alegere, comandate de elementele de demaraj.

În paralel cu rezistența *R2n* montată pe nul, se găsește autotransformatorul *G*, care servește la reglajul factorului de pămînt K_p. Diverse valori ale acestuia se obțin prin intermediul fișei *n*, de pe panoul frontal al releului.

Tensiunile obținute în secundarul lui *P* sînt redresate și alimentează elementul de măsurare *M*.

Pe partea de tensiune, elementul de măsurare este alimentat prin intermediul autotransformatorului reglabil *V* și al transformatorului *N*.

Tensiunea furnizată de autotransformatorul *V* este reglabilă în trepte fixe de la 1% la 100%, prin cîte două butoane (unul pentru zeci și altul pentru unități), pentru fiecare din cele trei trepte de distanță.

Autotransformatorul *V* alimentează la rîndul său primarul transformatorului *N*, care este în serie cu înfășurarea ε, din secundarul transformatorului *P*. Prin intermediul înfășurării ε, se introduce în circuitul de tensiune o parte din tensiunea proporțională cu curentul de defect. Se obține prin aceasta deplasarea pe axa *R* a caracteristicii circulare a elementului de măsurare.

Tensiunile obținute în secundarul transformatorului *N* sînt redresate și alimentează elementul de măsurare.

Formula care dă valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului *V* pentru fiecare treaptă în parte este:

$$V = \frac{KR}{\rho \cdot Z_s}$$

în care:

K este impedanța de bază a elementului de măsurare și poate avea în funcție de tipul releului, una din valorile date la § 6.2.2.7.d);

Zs — impedanța secundară în Ω/fază corespunzătoare treptelor I, II sau III;

ρ — coeficient de corecție care ține seama de tipul liniei (lungă, normală sau scurtă) și de unghiul ei de scurtcircuit. Pentru alegerea lui ρ se procedează astfel:

a) În funcție de tipul liniei și de unghiul ei de scurtcircuit, se alege deplasarea ε a centrului cercului caracteristicii elementului de măsurare (tabelul 6.17 și tabelul 6.18).

Tabelul 6.17

LEA scurte şi normale

φ_{sc}	55°—63°	63°—68°	68°—74°	74°—80°
ε [%]	80	40	60	50

Tabelul 6.18

LEA lungi

φ_{sc}	68°—73°	73°—79°	79°—85°	85°—90°
ε[%]	50	40	30	20

b) Din tab lul 6.19 se determină coeficientul ρ, în funcţie de tipul liniei, unghiul de scurtcircuit şi deplasarea centrului caracteristicii elementului de măsurare.

R — este un coeficient care în calcule ia valoarea 1 pe poziţiile 1 şi 1/1,5 ale fişei *R* şi 1,5 pe poziţia 1,5 a aceleiaşi fişe.

Tabelul 6.19

ε[%] / φ_{sc}	ρ-LEA scurte şi normale				ρ-LEA lungi			
	80%	70%	60%	50%	50%	40%	30%	20%
50°	0,77	—	—	—	—	—	—	—
52°	0,79	—	—	—	—	—	—	—
54°	0,82	—	—	—	—	—	—	—
56°	0,84	—	—	—	—	—	—	—
58°	0,86	—	—	—	—	—	—	—
60°	0,89	0,87	—	—	—	—	—	—
62°	0,92	0,90	—	—	—	—	—	—
64°	0,96	0,92	0,90	—	—	—	—	—
66°	0,99	0,95	0,93	0,90	—	—	—	—
68°	1,03	0,98	0,95	0,92	0,92	—	—	—
70°	1,07	1,01	0,98	0,94	0,94	—	—	—
72°	1,12	1,04	1,00	0,96	0,96	0,94	—	—
74°	1,16	1,07	1,03	0,98	0,98	0,96	—	—
76°	1,22	1,10	1,05	1,00	1,00	0,97	—	—
78°	—	1,14	1,07	1,02	1,02	0,99	0,92	—
80°	—	1,18	1,10	1,04	1,03	1,01	0,95	—
82°	—	—	—	—	—	1,025	0,975	—
84°	—	—	—	—	—	1,04	1,00	0,98
86°	—	—	—	—	—	1,06	1,02	1,00
88°	—	—	—	—	—	—	1,03	1,015
90°	—	—	—	—	—	—	1,04	1,020

În funcţie de poziţia fişei *R* de pe panoul frontal al releului, domeniul de măsurare poate fi modificat astfel :

— fişa *R* pe poziţia 1 — domeniul de măsurare nemodificat ;

— fişa *R* pe poziţia 1,5 — domeniul de măsurare mărit cu 50% faţă de cel reglat pe releu, în toate treptele ;

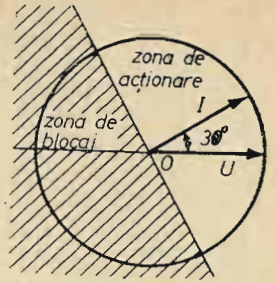


Fig. 6.30.

— fişa *R* pe poziţia 1/1,5 şi puntea *25* cu *26* la bornele releului — prelungirea domeniului de măsurare cu 50% numai în treapta I ;

— fişa *R* pe poziţia 1/1,5 şi puntea *25* cu *28* la bornele releului — prelungirea domeniului de măsurare cu 35% numai în treapta I.

6.2.2.3. **Elementul de direcţie SM.** Este realizat dintr-un releu electrodinamic, alimentat conform schemei de 90° cu :

— o tensiune proporţională cu curentul de defect, culeasă de la bornele primarului transformatorului *P* ;

— o tensiune proporţională cu tensiunea de pe bare, obţinută prin intermediul contactelor releelor de alegere.

În fig. 6.30 este dată diagrama de acţionare a elementului direcţional, al cărui unghi de sensibilitate maximă este 30° capacitiv.

În tabelul 6.20 sînt indicaţi curenţii şi tensiunile cu care se alimentează elementul de direcţie *SM*, în situaţia unui defect.

Tabelul 6.20

Scurtcircuit		R-O TR-O RST-O	S-O RS-O	T-O ST-O	R-S	S-T	T-R RST
Element de măsurare — *M*	Curent	O-R	O-S	O-T	S-R	T-S	R-T
	Tensiune	R-O	S-O	T-O	R-S	S-T	T-R
Element direcţie — *SM*	Curent	O-R	O-S	O-T	R-S	S-T	T-R
	Teusiune	S-T	T-R	R-S	T-R	R-S	S-T

6.2.2.4. **Elementul de timp TM.** Este constituit dintr-un dispozitiv de orologerie acționat de un motor de curent continuu prevăzut cu un regulator de turație. Prima treaptă este netemporizată. Contactele tm_1 și tm_2 servesc la modificarea numărului de spire al autotransformatorului *V*, pentru măsurarea impedanței de defect în treapta a II-a, respectiv a III-a. Contactul tm_3, corespunzător treptei a IV-a, comandă declanșarea cu o temporizare reglabilă, numai ca urmare a demarajului. În funcție de poziția eclisei T_4 de pe fața interioară a porțiunii rabatabile a releului, această declanșare poate fi:

— direcționată, pe poziția *SM* a eclisei T_4;

— nedirecționată, pe poziția *NE* a eclisei T_4.

Contactul *tmk* comandă declanșarea nedirecționată, cu o temporizare fixă de 6,5 secunde, tot numai în baza demarajului.

Contactul *tmp*, cu reglaj fix de 0,4 secunde, servește la anularea prelungirii treptei I înainte de RAR, sau la blocarea RAR, în cazul funcționării protecției în trepte superioare treptei I.

6.2.2.5. **Elementele pentru blocajul la pendulații SJ și SW.** La releul D114 funcționarea blocajului la pendulații, se bazează pe faptul că în momentul producerii unui asemenea fenomen, există o pericadă de timp în care sensurile puterilor activă și reactivă care circulă pe linie devin contrare.

Sesizarea sensurilor de circulație a puterilor se realizează cu ajutorul releului direcțional *SW* pentru puterea activă, respectiv *SJ* pentru cea reactivă. În cazul că puterile au sensuri contrare, se excită releul *P*, care blochează pentru un timp funcționarea protecției de distanță.

6.2.2.6. **Funcționarea releului de distanță D114.** a) *Modul de funcționare în cazul unui scurtcircuit monofazat (R-O).* La apariția unui scurtcircuit monofazat R-O, va acționa elementul de demaraj ZM_R și releul de curent *An* (fig. 6.28).

Prin închiderea contactului *zmr*, se vor excita releele *JR*, *1R*, *2R*, iar prin închiderea lui *An*, releele *1N* și *2N*.

Pe partea de curent, elementul de măsurare a impedanței *M* și elementul de direcție *SM* se alimentează cu o tensiune proporțională cu curentul de defect R-N. Aceasta

se realizează prin intermediul contactului închis $1r_3$ și contactelor normal închise $1s_1$, $1t_1$, pe de o parte și a contactului închis $1n_1$ pe de altă parte.

Pe partea de tensiune, elementul de măsurare a impedanței *M* se alimentează cu tensiunea de defect R-N. Aceasta se realizează prin contactul închis $2r_1$, contactele normal închise $2s_2$ și $2t_2$ pe de o parte și prin contactul închis $1n_3$, pe de altă parte.

Tot pe partea de tensiune, elementul de direcție *SM* va fi alimentat cu tensiunea S-T (conform schemei de 90°). Aceasta se realizează prin intermediul contactului închis $1r_4$ și a contactelor normal închise $2s_1$ și $1t_3$, pe de o parte și a contactelor $2s_3$ și $2t_3$, pe de altă parte.

În momentul apariției demarajului pe faza *R*, se excită releul *B*. Ca urmare a acestui fapt, în lipsa pendulațiilor în sistem (contact $p_{1,2}$ normal închis), se inițiază funcționarea elementului de timp *TM*, prin pornirea motorului și excitarea electromagnetului de cuplare, *Sp*.

Dacă scurtcircuitul pe linie a avut loc în treapta I a protecției, elementul de măsurare a impedanței *M* își închide aproape instantaneu contactul său *m*, excitînd releul *V* ce se automenține prin contactul V_1. Prin închiderea contactului V_3, se comandă declanșarea prin borna *1*.

Ca urmare a declanșării întreruptorului, releele de demaraj ZM_R și *An* se dezexcită, întreaga schemă revenind la normal.

Dacă însă defectul nu a fost eliminat în treapta I, la închiderea contactului tm_1, corespunzător temporizării treptei a II-a, se excită releul *2A*. Acesta prin deschiderea contactului $2a_{1,2}$ și închiderea contactului $2a_3$, modifică numărul de spire al autotransformatorului *V*, corespunzător impedanței reglate în treapta a II-a.

Dacă defectul nu este eliminat nici de astă dată, după trecerea timpului corespunzător treptei a III-a, se închide contactul tm_2 care excită releul *3A*.

Prin deschiderea contactului $3a_{1,2}$ și închiderea contactului $3a_3$, se modifică din nou numărul de spire al autotransformatorului *V*, corespunzător de astă dată impedanței reglate în treapta a III-a.

Dacă nici în treapta a III-a nu este eliminat defectul (ca urmare a unui scurtcircuit îndepărtat), releul va comanda declanșarea numai în baza demarajului, prin închiderea contactului tm_3 sau a contactului final tmk.

Este bine de menționat că pentru ca releul să comande declanșarea, este necesar ca fișa notată cu Vj în fig. 6.28 și situată în interiorul releului să fie conectată concomitent cu existența punții între clemele *2* și *V* ale releului. Fișa Vj servește la anularea comenzii de declanșare a întreruptorului cînd se dorește verificarea funcționării releului D114 cu linia în funcțiune. Poziția conectată a fișei Vj este semnalizată de lampa cu neon LV, în condițiile existenței punții *29—30*.

Lampa cu neon LS semnalizează prezența tensiunii operative la bornele releului.

Funcționarea releului D114 este asemănătoare în toate celelalte cazuri de scurtcircuit. Mărimile cu care se alimentează elementul de măsurare și cel de direcție sînt indicate în tabelul 6.20.

b) *Modul de funcționare a releului D114 în cazul apariției pendulațiilor.* Ca urmare a pendulațiilor, relcul D114 va înregistra în mod simultan demaraje pe toate cele trei faze, fără nul.

Puterea activă și reactivă avînd sensuri contrare, se va excita releul P prin circuitul format de contactele înseriate ale releelor de multiplicare a demarajelor, $2r_4$, $1s_3$, $1l_4$, $1n_3$ și prin contactele celor două relee SW și SJ, care sesizează sensurile contrare ale puterilor activă și reactivă pe linie (fig. 6.28).

Prin deschiderea contactului normal închis $p_{1,2}$, se blochează funcționarea releului de timp aproximativ o secundă. Aceasta se obține în urma închiderii contactului p_3, care introduce în circuitul bobinei releului P, condensatorul C_5 și rezistența R_3.

Modul de funcționare a releelor de distanță D 111 sau D 113 este aproximativ asemănător cu cel prezentat, ținîndu-se cont de diferențele constructive care au intervenit la fiecare tip în parte.

6.2.2.7. **Principalele caracteristici tehnice ale releului D114**

a) *Valori nominale*

— tensiunea nominală, U_n — 100 V,
— curent nominal, I_n — 5 A (1 A),
— frecvență nominală — 50 Hz,
— tensiunea auxiliară — 48, 110, 220 V c.c., în limitele $-20\% \ldots +10\%$.

b) *Elementele de demaraj* ZM_R, ZM_S, ZM_T

— caracteristica de măsurare este un cerc cu centrul pe o axă înclinată, cu 66° față de axa R, în planul Z;

— posibilitățile de reglaj ale impedanței de demaraj pot varia în funcție de curentul nominal, de poziția K_1 sau K_2 a ecliselor din interiorul releului, precum și de poziția butoanelor de reglaj r și K (§ 6.2.2.1), în limitele indicate în tabelul 6.21.

Tabelul 6.21

Buton de reglaj	Poziția eclisei	Releu $I_n = 5$ A	Releu $I_n = 1$ A
r (Ω/fază)		2,8—7	14—35
k (Ω/fază)	K_1	0 —2	0—10
	K_2	2 —4	10—20

— curentul minim de demaraj la $U = 0$:
  — aproximativ $0{,}2I_n$, pentru poziția K_1 a eclisei interioare;
  — aproximativ $0{,}375I_n$, pentru poziția K_2 a eclisei interioare;
  — eroarea de măsurare a impedanței mai mică de 10%.

c) *Releul de demaraj la curent homopolar* A_n

— reglare continuă, în limitele $0{,}5 \div 1{,}2I_n$.
— coeficient de revenire, aproximativ 0,85.

d) *Elementul pentru măsurarea impedanței de defect M*

— constanta K pentru domeniul de măsurare

	$I_n = 5$ A	$I_n = 1$ A
LEA normale:	0,2/0,4 Ω/fază	1/2 Ω/fază
LEA scurte:	0,1/0,2 Ω/fază	0,5/1 Ω/fază
LEA lungi:	—	4/8 Ω/fază

— deplasarea centrului cercului ε [% din raza cercului]

	$I_n = 5$ A	$I_n = 1$ A
LEA scurte și normale :	0 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80%	0 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80%
LEA lungi	—	0 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50%

— factorul de pământ, K_p : 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1.

e) *Elementul direcțional SM*

— unghiul de sensibilitate maximă : $\alpha = 30°$ capacitiv;

— sensibilitatea elementului de direcție la scurtcircuit trifazat în direcția bare-linie la $1{,}5I_n$ este de 0,15 V (atît pentru varianta de 1 A, cît și pentru cea de 5 A).

f) *Elementul de timp TM*

— pentru treptele II, III, IV, temporizare reglabilă între 0 și 6,5 s ;

— reglaje fixe : $tmp = 0{,}4$ s ;
$tmk = 6{,}5$ s.

6.2.2.8. **Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță D114 ce protejează o linie de 110 kV.** Prin planul de reglaje se dau următoarele valori :

1) Demarajul la minimă impedanță :
— raza cercului, $r = 7$ Ω/fază ;
— deplasarea centrului $K = 2{,}35$ Ω/fază
— eclisa interioară pe poziția K_1.

2) Demarajul la curent homopolar $I_{po} = 150$ A.

3) Treptele de acționare sînt :
treapta I : $Z_{1p} = 12{,}50$ Ω/fază $t_1 = 0$ s
prelungirea treptei I : $Z_{kp} = 16{,}50$ Ω/fază
treapta a II-a : $Z_{2p} = 22{,}40$ Ω/fază $t_2 = 0{,}5$ s
treapta a III-a : $Z_{3p} = 31{,}20$ Ω/fază $t_3 = 1$ s
demarajul direcționat : $t_4 = 3{,}2$ s
demarajul nedirecționat : $t_5 = 6{,}5$ s

4) Unghiul de scurtcircuit al liniei $\varphi_{sc} = 70°$, linia fiind considerată de lungime normală.

5) Raportul dintre impedanța homopolară și cea directă $\frac{Z_h}{Z_d} = 3{,}4$.

6) Transformatoarele de curent instalate pe linie, au raportul : $n_{TC} = \frac{300}{5}$ A.

7) Transformatoarele de tensiune au raportul $n_{TV} = \frac{110\,000}{100}$ V.

În funcție de cele de mai sus, rezultă :

a) *Valoarea de reglaj pentru releul de curent homopolar An :*

$$I_0 = \frac{I_{p0}}{n_{TC}} = 150 \times \frac{5}{300} = 2{,}5 \text{ A.}$$

b) *Valorile de reglaj* V_1, V_2, V_3 *pentru cele trei trepte :*

Se calculează cu formula de la § 6.2.2.2 : $V = \frac{KR}{\rho Z_s}$.

Valorile secundare ale impedanțelor fiecărei trepte sînt :

$$Z_{1s} = \frac{n_{TC}}{n_{TV}} \times Z_{1p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 12{,}50 = 0{,}681 \text{ Ω/fază}$$

$$Z_{ks} = \frac{n_{TC}}{n_{TV}} \times Z_{kp} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 16{,}50 = 0{,}900 \text{ Ω/fază}$$

$$Z_{2s} = \frac{n_{TC}}{n_{TV}} \times Z_{2p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 22{,}40 = 1{,}220 \text{ Ω/fază}$$

$$Z_{3s} = \frac{n_{TC}}{n_{TV}} \times Z_{3p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 31{,}20 = 1{,}700 \text{ Ω/fază}$$

ținînd cont că $\varphi_{sc} = 70°$, din tabelul 6.17 se determină valoarea de reglaj a lui ε, $\varepsilon = 60\%$.

Pentru $\varepsilon = 60\%$, $\varphi_{sc} = 70°$ și linie de lungime normală, din tabelul 6.19, se determină $\rho = 0{,}98$.

Alegînd : $K = 0{,}4$ Ω/fază și $R = 1$ (§ 6.2.2.7.d), obținem :

$$V_1 = \frac{KR}{\rho Z_{1s}} = \frac{0{,}4 \times 1}{0{,}98 \cdot 0{,}681} \times 100 = 60\%.$$

$$V_2 = \frac{KR}{\rho Z_{2s}} = \frac{0{,}4 \times 1}{0{,}98 \cdot 1{,}220} \times 100 = 33{,}45\%.$$

$$V_3 = \frac{KR}{\rho Z_{3s}} = \frac{0{,}4 \times 1}{0{,}98 \cdot 1{,}700} \times 100 = 24\%.$$

Se vor alege valorile $V_1 = 60\%$; $V_2 = 33\%$ și $V_3 = 24\%$, care se vor fixa cu ajutorul butoanelor V de pe panoul frontal.

În continuare, fișa ε se fixează pe poziția $\varepsilon = 60\%$, fișele K, pe poziția 0,4 Ω /fază.

c) *Reglajul fișei R, pentru prelungirea treptei va fi :*

$$\frac{Z_{kp}}{Z_{1p}} = \frac{16{,}50}{12{,}50} = 1{,}32.$$

Admițîndu-se o prelungire a treptei I de 135%, se fixează fișa R pe poziția 1/1,5 și se face puntea *25* cu *28*.

d) *Fixarea temporizărilor :*

Se execută pentru fiecare treaptă în parte, acționînd discurile de reglaj respective. Pentru direcționarea treptei a IV-a, se va efectua puntea $SM\text{-}T_4$.

e). *Determinarea factorului de pămînt* K_p.

$$K_p = \frac{1}{3}\left(\frac{Z_h}{Z_d} - 1\right) = 0{,}8.$$

Fișa n se așază pe poziția 0,8.

f) Butoanele de reglaj ale mărimilor r și K ale elementelor de demaraj vor fi fixate pentru fiecare din cele trei faze, pe pozițiile indicate.

g) Blocajul la pendulații se pune în funcțiune prin executarea punților *2—15* și *12—43* la bornele releului.

6.2.2.9. **Verificarea releului de distanță D114.** Verificarea generală, verificarea mecanică și verificarea izolației se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 și § 2.2.2.3.

a) *Verificarea generală a modului de funcționare a releului D114.*

a.1) Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanță ZM_R, ZM_S, ZM_T. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.31.

În cadrul acestei probe se ridică caracteristica de acționare a elementelor de demaraj și se verifică dacă tensiunea minimă (de fapt impedanța minimă) la care lucrează acestea se încadrează în valorile admisibile ale erorii (§ 6.2.2.7.b).

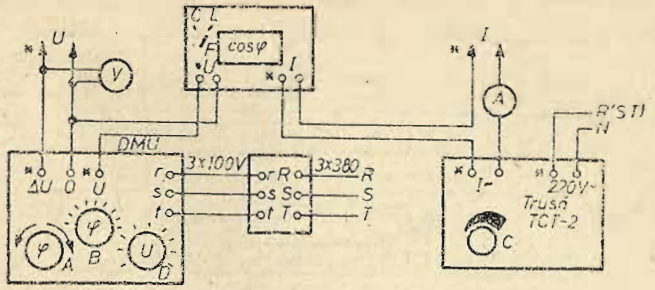


Fig. 6.31.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul în originea axelor (reglajul lui $r \neq 0$, al lui $K = 0$ și eclisa interioară pe poziția K_1), tensiunea minimă la care trebuie să lucreze elementul de demaraj indiferent de defazajul dintre curentul și tensiunea aplicată este :

$$U = 2rI,$$

unde : r este valoarea dată prin planul de reglaje și fixată cu ajutorul butoanelor r ;

I — curentul nominal.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul deplasat (reglajul lui $r \neq 0$, al lui $K \neq 0$ și eclisa interioară pe poziția K_1 sau K_2), tensiunea minimă la care trebuie să lucreze elementele de demaraj vă fi funcție de reglajele butoanelor r și K (§ 6.2.2.1).

Această tensiune are valori diferite depinzînd de defazajul φ dintre curentul și tensiunea aplicată și se poate calcula cu formulele din tabelul 6.22, coloana a 2-a.

Pentru exemplul de la § 6.2.2.8, considerînd $I = 5$ A, se obțin valorile din tabelul 6.22, coloana a 3-a.

Avînd în vedere tipul defectului și elementul de demaraj care se verifică, în tabelul 6.23 sînt date bornele releului D114 la care se racordează circuitele de curent și tensiune din fig. 6.31.

În principiu verificarea decurge astfel :

— Se execută montajul din fig. 6.31, racordarea circuitelor de curent și tensiune făcîndu-se conform tabelului 6.23, ținînd cont de polaritățile indicate.

Tabelul 6.22

Unghi	Formula de calcul	Tensiunea de verificare
0°	$U = 2I\ (\sqrt{r^2 - K^2 \sin^2\varphi} + K\cos\varphi)$	76,14 V
66°	$U = 2I(r + K)$	93,50 V
90°	$U = 2I\ (\sqrt{r^2 - K^2 \cos^2\varphi} + K\sin\varphi)$	90,80 V
180°	$U = 2I\ (\sqrt{r^2 - K^2 \sin^2\varphi} - K\cos\varphi)$	57,06 V
270°	$U = 2I\ \sqrt{r^2 - K^2 \cos^2\varphi} - K\sin\varphi)$	47,9 V

Tabelul 6.23

Element de demaraj	Tipul defectului	Curent	Tensiune	Borne pentru buzer
ZM_R	Cu pămînt Fără pămînt	*7*—4* *5*—4* sau *6*—4*	*8*—11* *8*—10*	*12—15*
ZM_S	Cu pămînt Fără pămînt	*7*—5* *6*—5* sau *4*—5*	*9*—11* *9*—8*	*13—15*
ZM_T	Cu pămînt Fără pămînt	*7*—6* *4*—6* sau *5*—6*	*10*—11* *10*—9*	*14—15*

— Releul de distanță trebuie alimentat cu tensiune operativă, (+) în borna *2* și (—) în borna *3*.

— Pentru a nu solicita inutil elementul de timp *TM*, se deconectează puntea *19* cu *20* sau se așază o bucată de hîrtie pe contactele normal deschise ale releului *B*, în așa fel încît la excitarea lui, aceste contacte să fie izolate.

— Butonul de reglaj al elementului *An*, se așază în dreptul diviziunii minime.

— Respectînd indicațiile scalelor, butoanele *r*, *K* și eclisa interioară se așază în dreptul valorilor date prin planul de reglaje.

— Conectînd trusa de curent și alimentînd decalorul, se reglează un curent de 5 A și o tensiune de 100 V.

— În funcție de punctul care urmează a fi verificat (tabelul 6.22), se fixează un decalaj inductiv între curent și tensiune.

— Se scade tensiunea și se determină valoarea la care lucrează elementul de demaraj. Această valoare nu trebuie să difere cu mai mult de $\pm 10\%$ de valoarea calculată cu ajutorul formulelor din tabelul 6.22.

Cu ocazia punerilor în funcțiune sau după reparații, pentru fiecare element de demaraj (ZM_R, ZM_S sau ZM_T) este necesară ridicarea caracteristicii de acționare (valorile rezultate din tabelul 6.22). Caracteristica se ridică pentru un tip de defect, pentru celălalt tip, este suficientă numai verificarea pentru $\varphi = 66°$.

Cu prilejul verificărilor periodice, proba se execută numai pentru $\varphi = 66°$.

Rezultatele se sintetizează într-un tabel de forma tabelului 6.24.

Tabelul 6.24

Defect	Unghi	U calcul [V]	U acționare [V]	Eroare [%]
Cu pămînt	0°	76,14		
	66°	93,50		
	90°	90,80		
	180°	57,06		
	270°	47,90		
Fără pămînt	66°	93,50		

În afara măsurărilor de mai sus, pentru fiecare element de demaraj mai este necesar să se determine curentul minim de acționare pentru $U = 0$. Această valoare trebuie să fie în jurul a $0{,}2I_n$ (§ 6.2.2.7.b).

a.2) Verificarea elementului de curent homopolar *An*. Se execută ca la un releu de curent obișnuit. Trusa de curent se racordează la bornele *4—7*; *5—7* sau *6—7*. Închiderea contactului se poate urmări pe releele intermediare *1N* și *2N*. Coeficientul de revenire trebuie să fie de 0,85.

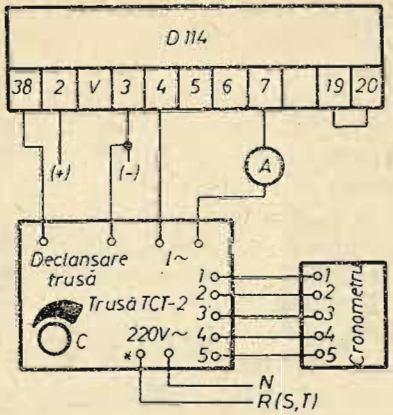


Fig. 6.32.

a.3) Fixarea temporizărilor şi verificarea elementului de timp. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.32. Se reface puntea *19* cu *20* sau se scoate hîrtia care izolează contactele normal deschise ale relcului *B*. Temporizarea treptei I nu se reglează. Fixarea temporizării pentru treptele a II-a, a III-a şi a IV-a se face acţionînd asupra tamburelor T_2, T_3 şi T_4 ale elementului de timp, după ce s-a apăsat butonul *TM* şi s-a rotit în sensul deblocării discul de blocaj. Blocarea tamburelor T_2, T_3, T_4 se realizează acţionînd discul de blocaj în sens invers celui indicat anterior.

Declanşările trusei se culeg din: borna *38* (fig. 6.32) pentru treapta a II-a, *37* pentru treapta a III-a şi *36* pentru treapta a IV-a.

Verificarea temporizărilor fixate se execută ca la un relcu de timp obişnuit, după ce în prealabil s-a fixat un curent suficient de mare pentru a asigura demarajul.

a.4) Verificarea elementului de măsurare a impedanţei de defect *M*. Se efectuează utilizînd un montaj asemănător celui din fig. 6.31. În plus faţă de acesta, se va conecta la TCT-2 un cronometru, declanşarea trusei culegîndu-se din clema *1* a relcului D 114. Butoanele şi eclisele de reglaj se fixează conform indicaţiilor

de la § 6.2.2.8. Se şuntează direcţia şi blocajul la pendulaţii, efectuînd puntea *20* cu *32*.

Tensiunile de basculare dintr-o treaptă în alta se calculează cu formulele cunoscute (§ 6.2.1.10, punctul a.3).

$U_{limi} = 2Z_{i\varphi} \cdot I_{s \cdot sc}$ pentru scurtcircuite bifazate.

$U_{limi} = Z_{i\varphi} \cdot I_{s \cdot sc}(1 + K_p)$ pentru scurtcircuite monofazate.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul în originea axelor, $Z_{i\varphi}$ pentru fiecare treaptă sînt date de valorile obţinute la § 6.2.2.8.b.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul deplasat, $Z_{i\varphi}$ se obţin cu formulele din tabelul 6.25,

Tabelul 6.25

Unghi	Formula de calcul $Z_{i\varphi}$
0°	$Z_{is} \cdot \rho \cdot (1 + \varepsilon)$
φ_{sc}	Z_{is}
90°	$Z_{is} \cdot \rho \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2}$
180°	$Z_{is} \cdot \rho \cdot (1 - \varepsilon)$
270°	$Z_{is} \cdot \rho \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2}$

în care:

Z_{is} este impedanţa secundară a fiecărei trepte conform § 6.2.2.8.b.

ε — deplasarea centrului caracteristicii;

ρ — raza cercului caracteristicii (fig. 6.33).

Pentru $Z_{i\varphi} = 1\ \Omega$, ρ are valoarea:

$$\rho = \frac{1}{\varepsilon \cos \varphi + \sqrt{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}}$$

φ — unghiul pe care impedanţa $Z_{i\varphi}$ îl face cu axa *OR*.

Aplicînd formulele din tabelul 6.25, obţinem pentru exemplul dat, valorile din tabelul 6.26.

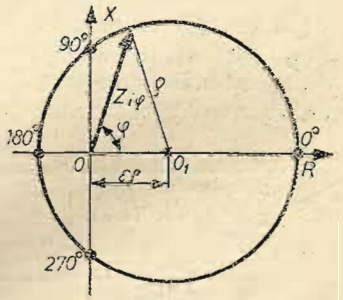


Fig. 6.33.

Tabelul 6.26

Treapta \ Unghi		0°	70°	90°	180°	270°
Tr. I	$Z_{1\varphi}$	1,067	0,681	0,528	0,264	0,528
Prelungirea tr. I	$Z_{k\varphi}$	1,397	0,900	0,698	0,349	0,698
Tr. II	$Z_{2\varphi}$	1,893	1,220	0,946	0,473	0,946
Tr. III	$Z_{3\varphi}$	2,638	1,700	1,319	0,660	1,319

Introducînd valorile de mai sus, în formulele pentru determinarea tensiunilor de basculare şi considerînd $I_{sc} = 10$ A, se obţin valorile din tabelul 6.27.

Tabelul 6.27

	Treapta \ Tensiunea [V]	$U_{0°}$	$U_{70°}$	$U_{90°}$	$U_{180°}$	$U_{270°}$
Scurtcircuit monofazat	Tr. I	19,2	12,26	9,50	4,75	9,50
	Prelungirea tr. I	25,14	16,20	12,56	6,28	12,56
	Tr. II	34,00	22,00	17,00	8.51	17,00
	Tr. III	47,48	30,60	23,74	11,90	23,74
Scurtcircuit bifazat	Tr. I	21,34	13,62	10,56	5,28	10,56
	Prelungirea tr. I	27,94	18,00	13,96	6,98	13,96
	Tr. II	37,86	24,40	18,92	9,46	18,92
	Tr. III	52,76	34,00	26,38	13,20	26,38

În funcţie de tipul scurtcircuitului simulat, circuitele de curent şi tensiune ale montajului din fig. 6.31 (cu modificările menţionate mai sus) se vor racorda la releul de distanţă conform indicaţiilor din tabelul 6.28.

Tabelul 6.28

Scurtcircuit / Borne	R-O TR-O sau RST-O	S-O sau RS-O	T-O sau ST-O	R-S	S-T	T-R sau RST
Curent	*4—7**	*5—7**	*6—7**	*4—5**	*5—6**	*6—4**
Tensiune	*8*—11*	*9*—11*	*10*—11*	*8*—9*	*9*—10*	*10*—8*

Întrucît în exemplul de la § 6.2.2.8 s-a utilizat prelungirea treptei I, în timpul măsurărilor în treptele I, a II-a şi a III-a, se va efectua puntea *2—42*. Pentru a efectua măsurări cu treapta I prelungită se va deconecta această punte.

Verificarea propriu-zisă se execută în acelaşi mod şi avînd în vedere aceleaşi considerente ca la § 6.2.1.10, punctul a.3. Eroarea maximă admisă nu trebuie să depăşească $\pm 5\%$, pentru $\varphi = \varphi_{sc}$.

La puneri în funcţiune, sau după reparaţii, este necesar să se ridice caracteristica de acţionare a elementului de măsurare (tabelul 6.27).

Pentru a nu solicita în mod inutil releul, aceste măsurări se vor executa în mod complet numai pentru un tip de scurtcircuit, monofazat sau bifazat (deoarece elementul de măsurare este acelaşi în fiecare caz). Pentru celelalte situaţii se vor verifica numai valorile de la unghiul de scurtcircuit, φ_{sc}. Rezultatele obţinute se sintetizează într-un tabel de forma tabelului 6.11.

Cu ocazia reviziilor periodice, se vor verifica numai valorile de la unghiul de scurtcircuit, φ_{sc}. Rezultatele se trec într-un tabel de forma tabelului 6.12.

a.5) Verificarea elementului direcţional *SM*. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.31. Pentru a bloca funcţionarea elementului de timp se procedează ca la punctul a.1). Se deconectează de asemenea puntea *20—32* efectuată la punctul anterior.

Întrucît cu montajul din fig. 6.31 se decalează tensiunea, diagrama de acţionare a elementului direcţional va fi cea din fig. 6.34.

Dacă se utilizează un montaj în care se decalează curentul şi se ia ca origine de fază tensiunea, diagrama de acţionare a elementului direcţional trebuie să corespundă cu cea din fig. 6.30.

În cursul probelor, se va utiliza curentul nominal şi tensiunea nominală (5 A şi 100 V).

Verificarea caracteristicii de acţionare a elementului direcţional

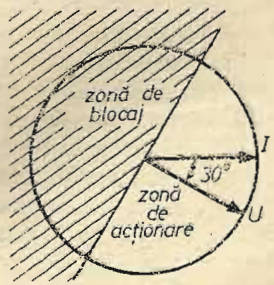


Fig. 6.34.

se va executa în mod obligatoriu pentru toate cele șase grupe de defecte prevăzute în tabelul 6.29.

Tabelul 6.29

Scurtcircuit / Borne	R-O TR-O sau RST-O	S-O sau RS-O	T-O sau ST-O	R-S	S-T	T-R sau RST
Curent	*4—7**	*5—7**	*6—7**	*4*—5*	*5*—6*	*6*—4*
Tensiune	*9*—10*	*10*—8*	*8*—9*	*10*—8*	*8*—9*	*9*—10*

Dacă se respectă polaritățile indicate și elementul de direcție este corespunzător, trebuie ca diagramele de acționare să fie identice.

La unghiul de sensibilitate maximă și 1,5 I_n, se determină tensiunea minimă de acționare, care trebuie să fie de 0,15 V.

Cînd releul direcțional acționează în direcție inversă (zona de blocare a diagramei) va trebui să fie excitat releul *PS*. Momentul excitării sau dezexcitării acestuia marchează de fapt deschiderea sau închiderea contactului elementului de direcție inclus în circuitul de declanșare.

a.6) Verificarea elementelor pentru blocajul la pendulații. Se utilizează montajul din fig. 6.31, procedîndu-se ca și mai înainte la blocarea elementului de timp, *TM*.

Pentru elementul *SW* circuitul de curent se va racorda la bornele *5—6**, în timp ce circuitul de tensiune va fi racordat la bornele *9*—10*.

Pentru elementul *SJ* circuitele de curent se vor racorda la bornele *5*—6*, iar cele de tensiune la *9*—10*.

Aplicînd un curent de 5 A și o tensiune de 100 V decalată inductiv, se ridică caracteristicile de acționare ale releelor *SW* și *SJ* în planul *Z*. Se notează pentru fiecare din elementele de mai sus poziția stînga sau dreapta a contactului, trebuind să se obțină caracteristicile din fig. 6.35.

Așa cum se observă din fig. 6.28, releul *P* care blochează funcționarea protecției la apariția pendulațiilor se va excita numai cînd există demaraj pe cele trei faze fără nul (contactele $2r_4$, $1s_3$, $1t_4$, $1n_3$ trebuie să fie închise) iar puterile activă și reactivă au sensuri contrare.

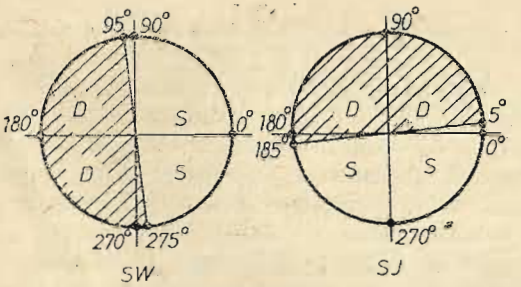


Fig. 6.35.

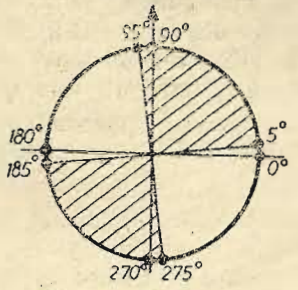


Fig. 6.36.

Suprapunînd cele două diagrame din fig. 6.35, se obține diagrama de acționare din fig. 6.36. Porțiunile din această diagramă în care contactele celor două relee *SW* și *SJ* au poziții contrare reprezintă zona de acționare a blocajului la pendulații. Așa cum se observă, blocajul la pendulații acționează în cadranele I și III ale planului *Z*.

Măsurarea cu exactitate a temporizării la revenire a releului *P* nu este de prea mare importanță și pentru a nu complica expunerea, ea nu va mai fi prezentată în această lucrare. Se poate verifica totuși că această temporizare există, printr-o apăsare scurtă a clapetei releului *P*, inițial dezexcitat. El va rămîne excitat o anumită perioadă scurtă de timp, după care revine la starea inițială.

b) *Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului D-114.* Se execută conform celor prezentate, pentru valorile date prin planul de reglaje.

6.2.3. *Releu de distanță PD-2*

Releul de distanță PD-2 (fig. 6.37, planșă), produs de ICEMENERG, este un releu tip monosistem.

Elementele de minimă impedanță P_R, P_S, P_T, elementul de măsurare Z, precum și elementele direcționale D_F—D_S funcționează după principiul comparării valorilor absolute ale unor funcții liniare de curent și tensiune.

Ca organ „de nul" în schemele de comparare se utilizează un amplificator basculant, care folosește ca element de execuție un releu cu contacte în gaz (reed).

6.2.3.1. **Elementele de pornire la minimă impedanță** P_R, P_S, P_T. Protecția de distanță PD-2 dispune de trei elemente de pornire la minima impedanță. În planul Z, caracteristica lor de acționare este un cerc (fig. 6.38).

— *Raza r* a cercului se reglează continuu cu ajutorul butoanelor *Pr*, *Ps*, *Pt*, de pe panoul frontal, în domeniul $3 \div 8$ Ω/fază.

— *Raportul* $\frac{\delta}{r}$ excentricitate/fază, se reglează cu ajutorul ecliselor notate cu $\frac{\delta}{r}$ care se găsesc așezate sub fiecare din butoanele de mai sus.

Pe poziția *1* a ecliselor $\frac{\delta}{r}$, caracteristica are centrul în originea axelor de coordonate. Pe pozițiile *2* sau *3*, caracteristica este deplasată.

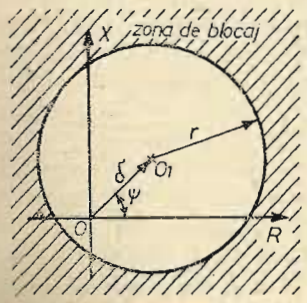


Fig. 6.38.

— *Unghiul* ψ se reglează cu ajutorul ecliselor ψ, situate tot sub butoanele *Pr*, *Ps*, *Pt*. Pentru fiecare din pozițiile indicate mai jos, acest unghi ia valorile: poz. I — 60°; poz. a II-a — 75°; poz. a III-a — 90°.

Elementele de pornire la minimă impedanță se alimentează în funcție de tipul defectului cu curenții și tensiunile indicate în tabelul 6.30.

Tabelul 6.30

Elemente de demaraj	Scurtcircuit cu pământul		Scurtcircuit fără pământ	
	curent	tensiune	curent	tensiune
P_R	I_{R-0}	U_{R-0}	I_R	U_{R-T}
P_S	I_{S-0}	U_{S-0}	I_S	U_{S-R}
P_T	I_{T-0}	U_{T-0}	I_T	U_{T-S}

Pentru a sesiza apariția curentului homopolar în cazul unor defecte cu pământul, este utilizat releul de curent homopolar P_0. Reglajul curentului de acționare se face în mod continuu, prin intermediul butonului P_0 de pe panoul frontal, în gama $2{,}5 \div 6$ A.

6.2.3.2. **Elementul de măsurare a impedanței de defect Z.** Caracteristica de acționare a elementului în planul Z este un cerc (fig. 6.39).

— *Raza r* a cercului se reglează pentru fiecare treaptă în parte cu ajutorul prizelor „*n*" de pe panoul frontal, astfel:

treapta I: $n_I = \frac{10}{Z_{1s}}$; treapta a II-a: $n_{II} = \frac{10}{Z_{2s}}$; treapta a III-a: $n_{III} = \frac{10}{Z_{3s}}$; unde Z_{1s}, Z_{2s} și Z_{3s} sînt impedanțele secundare în Ω/fază, corespunzătoare fiecăreia din trepte.

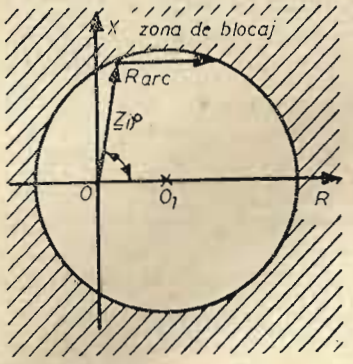


Fig. 6.39.

Fixarea valorilor n_I, n_{II} și n_{III} se face pentru fiecare caz în parte prin însumarea unei cifre din registrul unităților (0 ; 1 ; 1,33 ; 1,66 ; 2 ; 2,5 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10) și a uneia din registrul zecilor (0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90).

Zecile sînt situate în partea stîngă a regletei „*n*", iar unitățile, în partea dreaptă a acesteia. Priza notată cu „0" este comună și este folosită dacă cifra zecilor sau a unităților obținută la calculul numerelor n_I, n_{II} și n_{III} este zero.

— *Deplasarea centrului cercului* este diferită în funcție de unghiul de scurtcircuit φ_s, ales. Ea se reglează cu ajutorul celor două rînduri de eclise φ, situate în partea dreaptă, jos, a panoului frontal. Pe poziția 0°, caracteristica de măsurare este un cerc cu centrul în originea axelor, elementul Z măsurînd o „impedanță pură". Pe celelalte poziții (70° ; 75° ; 80°), elementul Z măsoară o „impedanță mixtă".

Elementul de măsurare Z a fost astfel conceput, încît în cazul unui scurtcircuit la capătul zonei protejate, el să lucreze corect pentru valori maxime ale rezistenței de arc egale cu 60% din impedanța fixată de releu.

— *Factorul de pămînt* este reglabil în trepte cu ajutorul eclisei C de pe panoul frontal al releului. Acest reglaj se poate efectua în domeniul $0{,}5 \div 1$ sau $1 \div 2$, după cum nulul curenților este conectat la borna *8* sau *9* a releului de distanță.

6.2.3.3. **Elementul de direcție $D_F - D_S$.** Elementul de direcție D_F—D_S, este compus de fapt din două elemente direcționale, D_F și D_S.

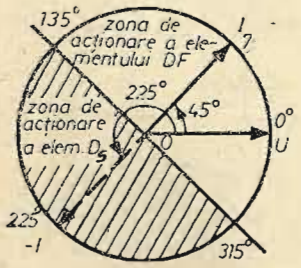


Fig. 6.40.

D_F acționează cînd circulația energiei este de la bare spre linie, în timp ce D_S acționează cînd circulația energiei este în sens contrar.

În fig. 6.40 este dată diagrama de acționare a elementului direcțional D_F—D_S, al cărui unghi de sensibilitate maximă este 45°, respectiv 225° capacitiv.

Elementul de direcție este alimentat cu tensiunile și curenții necesari funcționării, după schema de 90°.

În cazul unui scurtcircuit trifazat foarte apropiat, elementul de direcție are însă o zonă moartă. Releul de distanță este astfel conceput, ca dacă D_F și D_S nu acționează, dar acționează releul de măsurare a distanței de defect Z, să se provoace o acționare a releului D_F în sensul declanșării, după aproximativ $0{,}25 \div 0{,}45$ s de la acționarea lui Z.

În felul acesta se elimină practic orice zonă moartă a releelor direcționale. Schema prin care se realizează declanșarea în zona moartă este în funcțiune cînd eclisa L de pe placa laterală din dreapta (placa L), este în poziție orizontală. În poziție verticală, schema este anulată.

În tabelul 6.31 sînt indicați curenții și tensiunile cu care se alimentează elementul de măsurare Z și elementul de direcție D_F—D_S, la diverse tipuri de scurtcircuite.

Tabelul 6.31

Tipul scurtcircuitului	Elementul de măsurare Z		Elementul de direcție $D_F - D_S$	
	Curent	Tensiune	Curent	Tensiune
R-O	R-O	R-O	R	S-T
S-O	S-O	S-O	S	T-R
T-O	T-O	T-O	T	R-S
RS-O	S-O	S-O	S	T-R
ST-O	T-O	T-O	T	R-S
TR-O	R-O	R-O	R	S-T
R-S	S-R	S-R	S	T-R
S-T	T-S	T-S	T	R-S
T-R	R-T	R-T	R	S-T
RST-O	R-O	R-O	R	S-T
RST	R-T	R-T	R	S-T

6.2.3.4. **Elementele de timp.** Obținerea temporizărilor necesare realizării caracteristicii impedanță-timp (§ 6.1) se face utilizînd trei relee de timp, RTpa-5.

Treapta I este netemporizată. Declanșarea în treapta I este condiționată printre altele, de existența la bornele releului a punților *25—43* sau *42—43*. În primul caz declanșarea ține cont de blocajul la pendulații, în al doilea caz,

nu. Lipsa uneia sau a alteia din punțile mai sus menționate duce în mod automat la suprimarea treptei I.

Temporizările treptelor a II-a și a III-a se efectuează cu ajutorul contactelor finale ale releelor de timp RT_1 și RT_2.

Temporizarea treptei a IV-a, care nu ține cont de distanță și direcție, se realizează cu ajutorul contactului final al releului de timp *RT-3*.

6.2.3.5. **Funcționarea releului de distanță PD-2.** a) *Funcționarea în caz de scurtcircuit.* În momentul apariției unui scurtcircuit, acționează elementele de demaraj P_R, P_S, P_T și P_0, în mod corespunzător defectului. Prin aceasta se excită releul *A*, care indică demarajul și totodată inițiază funcționarea protecției.

Prin închiderea contactului A_2, se stabilește circuitul de alimentare cu curent a elementului de măsurare *Z*. Se obține astfel, o mică întîrziere în alimentarea cu curent față de alimentarea cu tensiune. Se evită în acest mod acționarea intempestivă a acestuia.

Prin deschiderea contactelor A_1 și A_4, se deșuntează intrările în amplificatoarele basculante *Z* și $D_F—D_S$.

În urma închiderii contactului A_3, se pune sub tensiune o baretă de la care se alimentează cu curent continuu operativ releele de timp și de declanșare.

Dacă defectul este în față, acționează elementul D_F, închizînd contactul D_F.

În situația că defectul este în treapta I, se închide contactul elementului *Z* și prin acesta, se excită releul de execuție *E*, care comandă declanșarea. Așa cum s-a mai arătat, declanșarea în treapta I (netemporizată) presupune existența punților *42—43* sau *25—43*, la bornele releului.

Dacă defectul este în treptele superioare, releele de timp RT_1, RT_2 și RT_3 își continuă cursa.

La închiderea contactului RT_1f, corespunzător temporizării treptei a II-a, se excită releele *B* și *B'*. Prin contactele B_1' și B_2', se comută alimentarea cu tensiune a elementului *Z*, la prizele transformatorului TnZ_1, ce corespund treptei a II-a.

Dacă declanșarea nu are loc în treapta a II-a, atunci la închiderea contactului RT_2f, corespunzător temporizării treptei a III-a, se excită releele *C* și *C'*. Prin contactele C_1' și C_2', se comută de astă dată alimentarea cu tensiune a elementului *Z*, la prizele ce corespund treptei a III-a.

În caz că nu se produce declanșarea nici în treapta a III-a atunci la închiderea contactului final RT_3f (corespunzător temporizării treptei a IV-a), se excită releul *D*, care șuntează printr-un contact elementul de direcție și de măsurare, comandînd direct declanșarea.

Prelungirea treptei I se realizează prin excitarea releului *W*, în urma primirii unui „minus" în borna *51*. Prin aceasta, în urma închiderii contactului W_2 se excită releul *B*, care comută tensiunile aduse elementului *Z*, direct în treapta a II-a.

b) *Funcționarea releului PD-2 în cazul apariției fenomenului de pendulații în sistem.* Ca urmare a pendulațiilor acționează elementele de demaraj de pe cele trei faze, fără nul, respectiv se închid contactele R_1, S_1 și T_1.

La închiderea contactului RT_1p, se excită releul *L*, care se automenține prin contactul L_2.

Deci dacă din momentul demarării (respectiv din momentul pornirii releului RT_1), trece intervalul de timp reglat pentru contactul RT_1p și nu se produce declanșarea, circuitul de declanșare este întrerupt prin deschiderea contactului L_1, pînă în momentul cînd se închide contactul RT_1f și se excită releul *B*.

Blocajul la pendulații se introduce în circuit prin deconectarea punții *42—43* și efectuarea punții *25—43*.

Încercarea modului de funcționare a diverselor elemente componente ale protecției PD-2 se poate face prin intermediul butoanelor K_{IR}, K_{PS}, K_{PT}, K_{F0}, K_Z, K_{DF}, K_{DS}, de pe panoul frontal.

6.2.3.6. **Principalele caracteristici tehnice ale releului de distanță PD-2**

a) *Mărimi nominale și variații admisibile*

— Curent nominal: 5 A;

— Tensiune nominală: 100 V;

— Tensiune operativă: 24; 48; 110; 220 V c.c.;
— Curent de durată: $2I_n$.
— Șoc de curent: $50I_n$, timp de 1 s.
— Tensiune de durată: $1{,}2U_n$.

b) *Elementele de demaraj* P_R, P_S, P_T *și* P_0
— domeniul de reglaj al razei cercului: 3...8 Ω/fază;
— coeficient de revenire: 0,94;
— panta diametrului se trece prin originea axelor: 60°; 75° sau 90°;
— raportul δ/r:

δ/r pe poziția:	1	2	3
$\psi = 90°$	0	0,5	0,7
$\psi = 75°$	0	0,55	0,77
$\psi = 60°$	0	0,60	0,84

Toleranțele admisibile sînt de ±10%
— curentul minim de acționare la 0 V: 2,5 A;
— releul de curent homopolar: 2,5...6 A;
— precizia măsurătorilor: ±10% la I_n.

c) *Elementul de măsurare a impedanței Z*
— domeniul de reglaj: 0,1...10 Ω/fază;
— excentricitatea reglabilă, pentru unghiuri de scurtcircuit de: 70°; 75° și 80°;
— factorul de pămînt: 0,5...1 sau 1...2;
— curentul minim de acționare: 3,5 A;
— precizia măsurătorii: ±10% la $2I_n$ și $\varphi = \varphi_{sc}$.

d) *Elementul de direcție* D_F—D_S
— unghiul de sensibilitate maximă:
— 45° capacitiv pentru D_F;
— 135° inductiv pentru D_S;
— tensiunea maximă de acționare la unghiul de sensibilitate maximă și $1{,}5I_n$: 0,15 V.

e) *Elementele de timp*
— treapta I — instantanee;
— treapta a II-a — reglabilă 0...1,3 s;
— treapta a III-a — reglabilă 0...3,5 s;
— treapta a IV-a — reglabilă 0...9 s.

6.2.3.7. **Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță PD-2 care protejează o linie de 110 kV.** Prin planul de reglaje se dau următoarele date:

1) Elementele de demaraj la minimă impedanță P_R, P_S, P_T:
— raza cercului $r = 6$ Ω/fază;
— excentricitatea $\frac{\delta}{r} = 0{,}6$ (eclisele $\frac{\delta}{r}$ pe poziția 2);
— unghiul $\psi = 60°$ (eclisele ψ pe poziția *I*).

2) Demarajul la curent homopolar $I_{p0} = 150$ A.

3) Treptele de acționare sînt:
— treapta I $Z_{1p} = 4$ Ω/fază $t_1 = 0$ s.
— treapta a II-a $Z_{2p} = 8$ Ω/fază $t_2 = 0{,}5$ s
— treapta a III-a $Z_{3p} = 20$ Ω/fază $t_3 = 1{,}0$ s
— treapta a IV-a $t_4 = 3{,}5$ s
— temporizarea blocajului la pendulații $t_p = 0{,}3$ s.

4) Unghiul de scurtcircuit al liniei $\varphi_{sc} = 75°$.

5) Raportul dintre impedanța homopolară și directă $\frac{Z_h}{Z_d} = 3{,}4$.

6) Reductoarele de curent instalate pe linie au raportul $n_{TC} = 300/5$ A.

7) Reductoarele de tensiune au raportul $n_{TU} = 110\,000/\sqrt{3}/100$ V.

În funcție de cele de mai sus rezultă:

a) Valoarea curentului de acționare a elementului homopolar P_0

$$i_0 = \frac{I_{p0}}{n_{TC}} = 150 \times \frac{5}{300} = 2{,}5 \text{ A}.$$

b) Valorile de reglaj n_I, n_{II} și n_{III}. pentru cele trei trepte se calculează cu formulele de la § 6.2.3.2.

Impedanțele secundare pentru fiecare treaptă vor fi:

$$Z_{1s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{1p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 4 = 0{,}218 \text{ Ω/fază}$$

$$Z_{2s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{2p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 8 = 0{,}436 \text{ Ω/fază}$$

$$Z_{3s} = \frac{n_{TC}}{n_{TU}} \times Z_{3p} = \frac{300}{5} \times \frac{100}{110\,000} \times 20 = 1{,}09 \text{ Ω/fază}.$$

Rezultă :

$$n_I = \frac{10}{0{,}218} = 45{,}87\ ;\ n_{II} = \frac{10}{0{,}436} = 22{,}93\ ;$$

$$n_{III} = \frac{10}{1{,}09} = 9{,}17.$$

Se aleg următoarele valori :
$n_I = 46$; $n_{II} = 23$; $n_{III} = 9$, care se fixează pe regleta „*n*" de pe placa frontală a PD-2.

Unghiul de scurtcircuit se reglează aşezînd una din cele două eclise φ, în dreptul unghiului de 75°, cealaltă pe $\varphi = 70 \div 80°$.

c) Fixarea temporizărilor se face acţionînd asupra butoanelor de reglaj ale releelor de timp RT_1 ; RT_2 ; RT_3.

e) Determinarea factorului de pămînt K_p,

$$K_p = \frac{1}{3}\left(\frac{Z_h}{Z_a} - 1\right) = 0{,}8.$$

Eclisa *C* se va conecta în poziţia 0,8 iar în circuitul de curent se va utiliza pentru conectarea nulului, clema *8*.

f) Blocajul la pendulaţii se pune în funcţiune prin executarea punţii *25—43* şi de deconectarea punţii *42—43*.

Temporizarea acţionării blocajului la pendulaţii se reglează cu ajutorul contactului pasager al releului RT_1 (aproximativ 0,25 ÷ 0,3 s).

g) Eclisa *L* se conectează în poziţie orizontală.

6.2.3.8. **Verificarea releului de distanţă PD-2.** Verificarea generală, verificarea mecanică şi verificarea izolaţiei se execută conform celor prezentate la § 2.2.2.1 ; § 2.2.2.2 şi § 2.2.2.3.

a) *Verificarea generală a modului de funcţionare a releului PD-2.*

a.1) Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanţă P_R, P_S, P_T. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.31. În caz că se utilizează o caracteristică cu centrul în originea axelor de coordonate, formula de verificare este :
$U = 2rI$, cu semnificaţiile de la § 6.2.2.9, punctul a.1.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul deplasat tensiunile de verificare se calculează cu formulele din tabelul 6.32, coloana 2. Introducînd în aceste formule mărimile date prin planul de reglaje, se obţin valorile din tabelul 6.32, coloana 3.

Tabelul 6.32

Unghi	Formula de calcul	Tensiunea de verificare
0°	$U = 2 \cdot I \cdot r \cdot \left(\frac{\delta}{r}\cos\psi + \sqrt{1 - \frac{\delta^2}{r^2}\sin^2\psi}\right)$	69,26 V
60°	$U = 2 \cdot I \cdot (r + \delta)$	96,00 V
90°	$U = 2 \cdot I \cdot r \cdot \left(\frac{\delta}{r}\sin\psi + \sqrt{1 - \frac{\delta^2}{r^2}\cos^2\psi}\right)$	88,44 V
180°	$U = 2 \cdot I \cdot r \cdot \left(\frac{\delta}{r}\cos\psi - \sqrt{1 - \frac{\delta^2}{r^2}\sin^2\psi}\right)$	33,26 V
270°	$U = 2 \cdot I \cdot r \cdot \left(\frac{\delta}{r}\sin\psi - \sqrt{1 - \frac{\delta^2}{r^2}\cos^2\psi}\right)$	26,06 V

Racordarea la releu a circuitelor de curent şi tensiune ale montajului din fig. 6.31, se face în funcţie de elementul verificat, conform tabelului 6.33.

Tabelul 6.33

Demaraj	Scurtcircuit	Borne de curent	Borne de tensiune	Borne conectare buzer
P_R	Fără pămînt	*1*—5*	*10*—12*	*14—16*
	Cu pămînt	*1*—4* şi punţi *5, 6, 7, 8* sau *9*	*10*—13*	
P_S	Fără pămînt	*2*—6*	*11*—10*	*14—17*
	Cu pămînt	*2*—4* şi punţi *5, 6 7, 8* sau *9*	*11*—13*	
P_T	Fără pămînt	*3*—7*	*12*—11*	*14—18*
	Cu pămînt	*3*—4* şi punţi *5, 6, 7, 8* sau *9*	*12*—13*	

În caz că tensiunea operativă este diferită de 24 V c.c., se utilizează un divizor rezistiv. În această situație între divizor și releul propriu-zis vor fi efectuate următoarele punți: *2—26*; *3—27*; *4—28*; *5—29*; *6—30*; *7—31*; *8—32*; *9—33*.

Tensiunea operativă se conectează cu „plusul" în borna *1* a divizorului și cu „minusul" în borna *34* a PD-2 (fig. 6.37).

Pentru efectuarea probelor se fixează un curent de 5 A și o tensiune de 100 V. Pentru fiecare punct ce se verifică, scăzînd tensiunea, se determină valoarea de acționare a elementelor de demaraj la minimă impedanță. Valorile măsurate se compară cu valorile calculate cu formulele din tabelul 6.32. Eroarea nu trebuie să depășească $\pm 10\%$.

Pentru a nu solicita în mod inutil releele de timp, se blochează în timpul măsurărilor funcționarea acestora, izolînd cu ajutorul unei bucăți de hîrtie contactele normal deschise ale releului *A*.

La puneri în funcțiune, după reparații, sau ori de cîte ori se consideră necesar, se ridică întreaga diagramă de acționare a elementelor de demaraj. Pentru fiecare element de demaraj în parte, rezultatele se trec într-un tabel (tabelul 6.34).

Tabelul 6.34

Defect	Unghi	U calcul	U măsurat	Eroare
		V	V	%
Cu pămînt	0°	669,26		
	60°	96,00		
	90°	88,44		
	180°	33,26		
	270°	26,06		
Fără pămînt	60°	96,00		

Cu ocazia reviziilor periodice, se poate considera ca suficientă numai verificarea pentru unghiul ψ.

Este de asemenea necesar să se determine curentul minim de acționare la $U = 0$, care trebuie să fie de aproximativ $0{,}5 I_n$.

a.2) Verificarea elementului de curent homopolar P_0. Se procedează ca la un releu de curent obișnuit. Circuitul de curent al trusei se conectează la bornele *1*, *2* sau *3*, cu *4*, efectuînd punțile *5*, *6*, *7*, *8* sau *9*. Releele de timp rămîn blocate ca mai sus, buzerul conectîndu-se la bornele *14* cu *19*.

a.3) Fixarea temporizărilor și verificarea elementului de timp. Se execută utilizînd un montaj asemănător cu cel din fig. 6.32.

Pentru obținerea demarajului, circuitul de curent se conectează conform uneia din situațiile prezentate în tabelul 6.33, coloana 3.

Temporizarea treptei I nu se reglează.

Fixarea temporizărilor pentru treptele a II-a, a III-a și a IV-a se face acționînd asupra elementelor de reglaj finale ale releelor de timp RT_1, RT_2 și RT_3.

Declanșările trusei se culeg direct de pe unul din contactele libere ale releului *B* pentru treapta a II-a, *C* pentru treapta a III-a și *D* pentru treapta a IV-a.

Verificarea propriu-zisă se execută după ce în prealabil s-a eliminat hîrtia pusă la punctul a.2) între contactele normal deschise ale releului *A* și s-a fixat un curent suficient de mare, astfel încît să fie asigurat demarajul.

a.4) Verificarea elementului de măsurare a impedanței de defect *Z*. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.31. Față de acesta se va conecta în plus la trusa de curent un cronometru și se vor realiza circuitele de declanșare ale trusei, utilizînd un contact normal deschis al releului final *E* (bornele *14—15* ale PD-2). Formulele pentru calculul tensiunilor limită de basculare dintr-o treaptă în alta sînt cele prezentate la § 6.2.1.10, punctul a.3). În caz că se utilizează o caracteristică cu centrul în origină, indiferent de decalajul dintre curentul și tensiunea aplicată, $Z_{i\varphi}$ va avea aceeași valoare.

Dacă se utilizează o caracteristică cu centrul deplasat (fig. 6.39), în funcție de defazajul dintre curentul și tensiunea aplicată releului, $Z_{i\varphi}$ va avea valori diferite (tabelul 6.35).

Tabelul 6.35

Unghi	Formula de calcul $Z_{i\varphi}$
0°	$Z_{is} \cdot (\sqrt{0{,}09 + \sin^2 \varphi} + 0{,}3 + \cos \varphi)$
φ_{sc}	Z_{is}
90°	$Z_{is} \cdot \sqrt{1 + 0{,}6 \cos \varphi - 2 \cos^2 \varphi}$
180°	$Z_{is} \cdot \sqrt{0{,}09 + \sin^2 \varphi} - 0{,}3 - \cos \varphi$
270°	$Z_{is} \cdot \sqrt{1 + 0{,}6 \sin \varphi - 2 \cos^2 \varphi}$

În tabelul 6.35, Z_{is} reprezintă valorile calculate la § 6.2.3.7.b. Înlocuind aceste valori în formulele din tabelul 6.35, se obţin valorile din tabelul 6.36.

Tabelul 6.36

Treapta	$Z_{i\varphi}$ \ φ	0°	75°	90°	180°	270°
Tr. I	$Z_1\varphi$	0,342	0,218	0,22	0,0986	0,22
Tr. II	$Z_2\varphi$	0,684	0,436	0,44	0,197	0,44
Tr. III	$Z_3\varphi$	1,712	1,09	1,10	0,493	0,10

Înlocuind valorile din tabelul 6.36, în formulele pentru calculul tensiunilor limită de basculare, se obţine tabelul 6.37, în care s-a considerat $I_{ssc} = 15$ A.

Tabelul 6.37

Tensiunea [V] \ Treapta		$U_{0°}$	$U_{75°}$	$U_{90°}$	$U_{180°}$	$U_{270°}$
Scurt-circuit monofazat	Tr. I	9,234	5,88	5,94	2,66	5,94
	Tr. II	18,46	11,77	11,88	5,32	11,88
	Tr. III	46,22	29,43	29,70	13,31	29,70
Scurt-circuit bifazat	Tr. I	10,26	6,54	6,60	2,96	6,60
	Tr. II	20,52	13,08	13,20	5,91	13,20
	Tr. III	51,36	32,70	33,00	14,79	33,00

În funcţie de tipul scurtcircuitului simulat, circuitele de curent şi tensiune ale montajului din fig. 6.31 (cu modificările menţionate) se vor racorda la releul de distanţă conform indicaţiilor din tabelul 6.38.

Probele se vor executa în mod obligatoriu pentru fiecare din cele şase grupe de defecte.

În timpul măsurărilor, se elimină hîrtia care izola contactele normal deschise ale releului *A*.

Se efectuează puntea *41—43* pentru a şunta direcţia şi a introduce în circuit treapta I netemporizată.

Prelungirea treptei I se poate verifica dînd un „minus" în borna-*51*. În acest caz, releul va trebui să declanşeze netemporizat la o tensiune de basculare ce corespunde treptei a II-a.

Cu ocazia punerilor în funcţiune sau după reparaţii este necesară ridicarea caracteristicii de acţionare a elementului de măsurare. În general, această verificare se execută numai pentru un singur tip de defect, de exemplu R-O. Pentru celelalte tipuri de defecte, este suficientă numai verificarea la unghiul de scurtcircuit. Rezultatele se trec într-un tabel asemănător cu tabelul 6.11.

Cu ocazia reviziilor sînt în general suficiente verificările numai pentru unghiul de scurtcircuit (tabelul 6.12).

Tabelul 6.38

Scurtcircuit / Borne	R-O TR-O sau RST-O	S-O sau RS-O	T-O sau ST-O	R-S	S-T	T-R sau RST
Curenţi	*1*—4* punţi între *5, 6, 7, 8*	*2*—4* punţi între *5, 6, 7, 8*	*3*—4* punţi între *5, 6, 7, 8*	*1*—2* punţi între *5, 6, 7, 8*	*2*—3* punţi între *5, 6, 7, 8*	*3*—1* punţi între *5, 6, 7, 8*
Tensiune	*10*—13*	*11*—13*	*12*—13*	*10*—11*	*11*—12*	*12*—10*

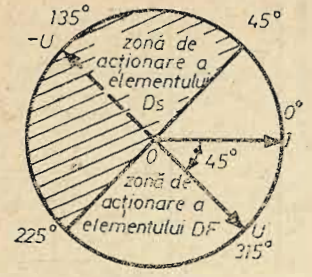


Fig. 6.41.

Verificarea propriu-zisă se execută în același mod și având în vedere aceleași considerente ca la § 6.2.1.10, punctul a.3).

Eroarea maximă admisă este de $\pm 10\%$, pentru $\varphi = \varphi_{sc}$.

a.5) Verificarea elementului de direcție D_F—D_S. Se execută utilizînd montajul din fig. 6.31. Pentru a bloca funcționarea elementelor de timp, se va așeza o bucată de hîrtie care să izoleze atît contactele normal închise cît și pe cele normal deschise ale releului E. Se deconectează puntea *41—43*.

Se efectuează punțile *40—41*, pentru șuntarea elementului de măsurare Z și puntea *42—43*, pentru șuntarea contactului B_1.

Eclisa L (§ 6.2.3.3) se așază în poziție verticală.

Se aplică o tensiune de 100 V și un curent de 5 A. Luînd ca origine de fază curentul și decalînd tensiunea, trebuie să se obțină diagramele de acționare din fig. 6.41.

Pentru a determina poziția acționată sau blocată a elementelor D_F și D_S se va urmări starea excitată sau dezexcitată, a releului E pentru D_F și Q pentru D_S.

Ridicarea caracteristicii elementului direcțional se execută în mod obligatoriu pentru fiecare din cele trei grupe de defecte prevăzute în tabelul 6.39.

Tabelul 6.39

Scurtcircuit / Borne	R-O ; TR-O ; TR ; RST sau RST-O	S-O ; RS-O sau RS	T-O ; ST-O sau ST
Curent	*1*—5*	*2*—6*	*3*—7*
Tensiune	*11*—12*	*12*—10*	*10*—11*

Dacă se respectă polaritățile indicate și elementul de direcție este corespunzător, trebuie ca diagramele de acționare să fie identice.

Pentru unghiul de sensibilitate maximă (45°) și $1{,}5I_n$ se determină tensiunea minimă de acționare, care trebuie să fie de 0,15 V.

La scurtcircuite trifazate foarte apropiate tensiunea pe bare poate să scadă foarte mult, astfel că nici unul dintre elementele D_F, D_S să nu lucreze.

În aceste condiții, dacă elementul de măsurare a impedanței de defect Z a acționat, se provoacă din interiorul releului acționarea elementului D_F în sensul declanșării, cu o temporizare de 0,25 ÷ 0,45 s [41].

Pentru a verifica comportarea corectă a releului PD-2 în situația enunțată mai sus, se folosește montajul precedent (§ 6.2.3.8, punctul a.4), însă tensiunea U aplicată releului este zero.

Circuitul de curent se conectează la bornele *1—3*, fiind efectuate punțile *5*, *6*, *7* și *8*.

Eclisa L se așază în poziție orizontală.

Se conectează trusa de curent, aplicînd un curent de 5 A. Declanșarea trebuie să survină în intervalul de timp menționat mai sus.

b) *Fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului PD-2.* Se execută conform celor prezentate mai sus, pentru valorile date prin planul de reglaje.

7. Măsuri de protecția muncii la verificarea releelor și circuitelor secundare

În continuare vor fi specificate cîteva din principalele măsuri de protecția muncii ce se impun a fi respectate la executarea unora din probele și încercările efectuate asupra releelor de protecție și automatizare sau asupra circuitelor secundare aferente acestora.

În cazul cînd releele se verifică în standuri special amenajate, se vor respecta condițiile de protecția muncii impuse de folosirea acestor instalații.

Dacă releele care se verifică sînt montate pe panouri sau dulapuri, este necesar ca tensiunea operativă a acestora să fie deconectată. Trebuie deconectate în anumite situații și tensiunile și curenții de la transformatoarele de măsurare.

Pentru deconectarea tensiunilor operative, se scot capacele și fuzibilele siguranțelor, sau se deconectează întreruptoarele sau siguranțele automate ale circuitelor respective.

Pentru deconectarea tensiunilor de măsurare se scot plecările din bucle, barete, sau se deconectează blocurile de încercare.

Verificările sau lucrul la circuitele secundare aferente transformatoarelor de curent, cînd acestea sînt sub tensiune, se vor face numai după șuntarea secundarelor și numai în circuitele care se află în aval de șunt.

Șuntarea circuitelor de curent se efectuează utilizînd blocurile de încercare sau clemele special amenajate în acest scop.

În cazul cînd pentru verificarea unor relee este necesar să se aplice tensiuni și curenți cu ajutorul unor truse, se vor lua măsuri de separare a acestor relee de restul circuitelor.

Dacă nu se procedează în acest mod, pot apare acționări sau semnalizări false aparținînd releului verificat sau altor relee din instalație.

În timpul încercării izolației cu megohmmetrul sau cu instalația de tensiune mărită de curent alternativ de 2 kV, se va avea grijă ca atît persoana care efectuează proba, cît și alte persoane să nu atingă obiectul a cărei izolație se verifică.

După efectuarea probei, obiectele încercate vor fi descărcate de sarcina capacitivă acumulată prin punere la pămînt. Această recomandare se referă în special la cablurile de circuite secundare sau la alte obiecte cu capacitate mare.

Montajele utilizate pentru diverse măsurări și verificări vor fi realizate numai cu cordoane din cupru multifilar, bine izolate și marcate la ambele capete cu tub vinilin de aceeași culoare. Ele vor fi prevăzute cu papuci sau banane în perfectă stare.

Carcasele metalice ale truselor și aparatelor de încercare vor fi racordate în mod obligatoriu înaintea începerii probelor la priza de pămînt a stației.

În timpul operațiilor de verificare a releelor și circuitelor secundare, se va avea grijă ca :

— să nu se manevreze obiecte lungi în preajma instalațiilor sub tensiune, fără a exista siguranța că nu sînt depășite limitele prescrise pentru aceste instalații ;

— lucrările la înălțime să se execute numai folosind dispozitive de urcare în bună stare și centuri de siguranță ;

— să nu se depășească sub nici un motiv îngrădirile cu bandă roșie, panourile etc., și să se respecte indicațiile plăcuțelor avertizoare.

Atît pentru lucrările specifice verificărilor de relee și de circuite secundare, cît și pentru alte lucrări ce se execută în instalațiile electrice, vor trebui respectate toate prevederile normativului PE 119/76, *Norme de protecția muncii pentru instalațiile electrice.*

Bibliografie

1. Badea I., Broșteanu, Gh., ș.a. **Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice.** București, Editura tehnică, 1973.
2. * * * **Catalog de produse ICEMENERG,** 1975.
3. M.E.E.-3.2.E-116-70 **Instrucțiuni pentru lucrări de revizie la instalațiile D.A.S. la scăderea frecvenței și a tensiunii.**
4. Cazanschi, V. E. **Protecția prin relee.** Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1952.
5. Drăgan, Șt., **Verificarea releelor de protecție și automatizare ale sistemelor electrice.** București, Editura tehnică, 1970.
6. Kaminski, E. A. **Cum se citesc schemele instalațiilor electrice.** Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1974.
7. Zane, R., Cheuzbraun, I. **Protecția de distanță a liniilor electrice.** București, Editura tehnică, 1968.
8. * * * C. I. **Sisteme de protecție de distanță.** București, Editura Academiei R.S.R., 1971.
9. Badea, I., Broșteanu, Gh., ș.a. **Exploatarea instalațiilor de protecție și automatizare ale sistemelor electrice.** București, Editura tehnică, 1964.
10. * * * **Tehniceskaia documentația. Relee serii PBM170 ÷ 270.** U.R.S.S., 1975.
11. M.E.E. **PE 116/73. — Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.**
12. Popov, V. S. **Măsuri și aparate electrotehnice de măsurat.** Traducere din limba rusă. București, Editura energetică de stat, 1953.
13. Patachi, N., Babeș, B., ș.a. **Memorator de măsuri electrice.** Vol. I și II. Cluj, Editura Dacia, 1973.
14. Călin, S., Mihoc, D. **Protecția prin relee. Manual pentru licee de specialitate, anii IV și V și școli de maiștri.** București, Editura didactică și pedagogică, 1975.
15. Călin, S., Marcu, S. **Protecția prin relee a sistemelor electrice.** București, Editura tehnică, 1975.
16. Feodosecv, A. M. **Protecția prin relee a sistemelor electrice.** Traducere din limba rusă, București, Editura energetică de stat, 1955.

17. * * * **Releu diferențial cu transformator cu saturație rapidă, tip RDS-3a** Documentație tehnică de însoțire.
18. IEMENERG **Releu de blocaj la dispariția tensiunii. R.B.D.T. Instrucțiuni de verificare și reglaj în exploatare.**
19. M.E.E.-3.2.E-174.76. **Instrucțiune pentru exploatarea, întreținerea și revizia regulatorului automat de tensiune de tip R.A.T.T.-3.** București, ICEMENERG, 1977.
20. ICEMENERG **Regulatorul automat de tensiune pentru transformatoare cu reglaj sub sarcină, tip R.A.T.T.-3. Memoriu tehnic.**
21. Ceapîru, D., Măcriș, A., ș.a. **Montarea stațiilor și a posturilor electrice de transformare.** București, Editura tehnică, 1969.
22. Baptidanov, L., Tarasov, V. **Echipamentul electric al centralelor și stațiilor electrice, vol. III.** Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1956.
23. Babicov, M. A. **Aparate electrice, vol. II.** Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1959.
24. Butchevici, I. V., ș.a. **Partea electrică a centralelor și a stațiilor electrice.** Traducerea din limba rusă. București, Editura energetică de stat, 1953.
25. ICEMENERG **Instrucțiuni pentru montare, punere în funcțiune și exploatare a dispozitivului de reanclanșare automată rapidă trifazică cu două cicluri — pentru rețele de medie tensiune tip RAR-2c.**
26. ICEMENERG **Dispozitiv de reanclanșare rapidă tip RAR-T.** Documentație de însoțire.
27. ICEMENERG **Dispozitiv de reanclanșare rapidă tip RAR-1MT.** Documentație de însoțire.
28. M.E.E.-3.2.E.-I 62-74. **Instrucțiune pentru verificarea instalațiilor RAR realizate cu relee de tip RARS, RARB și RAR-1 MT, produse de către ICEMENERG** București, ICEMENERG 1975.
29. * * * **Dispozitiv de reanclanșare automată, tranzistorizat, C.F.R. Domeniu de utilizare, condiții tehnice principale, descrierea funcționării, instrucțiuni de utilizare, reglare, întreținere, depanare, montaj** (prospect).
30. * * * **Distanzschutz RD-110 E.A.W.** Prospect.
31. M.E.E.-3.2.E.-I 4-69. **Instrucțiune pentru verificarea protecției de distanță D-111 cu element de demaraj Z-400.**
32. M.E.E.-3.2.E.-I 58-74. **Instrucțiuni privind verificarea la punerea în funcțiune sau după reparații a releului D-113, ZPA-RSC.**
33. ICEMENERG **Releu direcțional static. RDC-3.** Documentație de însoțire.
34. M.E.E.-PE-003/70. **Nomenclatorul de verificări, încercări și probe privind montajul, punerea în funcțiune și darea în exploatare a instalațiilor energetice.**
35. M.E.E.-3.2.E.-I 59-74. **Instrucțiuni pentru verificarea protecției de distanță tip R1Z23-a cu element de demaraj R3Z2.**
36. M.E.E.-3.2.E-110-69. **Instrucțiuni pentru verificarea protecției de distanță R1Z24a, cu element de demaraj R3Z2.**
37. M.E.E.-PE 111/75. **Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare.** Vol. II.
38. M.E.E.-3.2.E-I 14-69. **Instrucțiuni pentru verificarea protecțiilor maximale de curent, direcționale și diferențiale transversale.**

39. Cănescu, T., ş.a. **Aparate electrice de joasă tensiune.** Bucureşti, Editura tehnică, 1977.
40. Vîlciu, C., ş.a. **Exploatarea şi repararea instalaţiilor electrice din centrale şi staţii.** Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
41. ICEMENERG **Protecţia de distanţă pentru reţelele de înaltă tensiune PD-2.** Documentaţie de însoţire.
42. ICEMENERG **Protecţia de distanţă cu funcţionare bidirecţională pentru reţelele de înaltă tensiune PD-3.** Documentaţie de însoţire.
43. Tomide, D., Goşa, N. — **Staţii şi tablouri electrice sub 1 kV.** Bucureşti, Oficiul de documentare energetică, 1972.
44. Taev, I. — **Apareils electriques d'automatisme et de commande.** Moscou, Editions Mir, 1977.
45. * * * **Memoratorul inginerului electrician.** Traducere din limba germană, cu adaptări la condiţiile din România, Bucureşti, Editura tehnică, 1971.
46. Mîţă, M. **Instalaţii de măsură, comandă, control, semnalizare, protecţie şi automatizare.** Bucureşti, Oficiul de documentare energetică, 1973.
47. M.E.E. **Normativ pentru proiectarea instalaţiilor de protecţie prin relee şi automatizare.** Bucureşti, O.D.P.T., 1969.
48. M.I.C.M. **Catalog de relee.** Bucureşti, Uzinele Electromagnetica, 1972.

Cuprins

1. *Aparate şi dispozitive utilizate la verificarea releelor şi a circuitelor secundare* 3
1.1. Cronometrul Krizik 3
1.2. Indicatorul de succesiune a fazelor 4
1.3. Trusa de curent-tensiune TCT-2 5
1.4. Decalorul monofazat de unghi 7
1.5. Trusa pentru încercarea izolaţiei TCS-2 8
2. *Relee. Caracteristici, verificări* 10
2.1. Generalităţi 10
2.1.1. Definiţie 10
2.1.2. Clasificarea releelor 10
2.1.3. Caracteristici comune tuturor tipurilor de relee . . 11
2.2. Verificarea releelor 13
2.2.1. Necesitatea verificării releelor 13
2.2.2. Verificări comune executate asupra releelor 13
2.2.2.1. Verificarea generală a releului 13
2.2.2.2. Verificarea izolaţiei 13
2.2.2.3. Verificarea mecanică 14
2.2.3. Verificări specifice executate asupra releelor . . . 15
2.2.4. Concluzii privind verificarea releelor 15
3. *Verificarea releelor a căror acţionare depinde de variaţia unui singur parametru de intrare* 17
3.1. Relee intermediare 17
3.1.1. Caracteristici principale 17
3.1.2. Verificarea releelor intermediare 21
3.1.2.1. Verificarea izolaţiei 21
3.1.2.2. Verificarea generală a modului de funcţionare 21
3.2. Relee de semnalizare 25
3.2.1. Caracteristici principale 25
3.2.2. Verificarea releelor de semnalizare 26
3.2.2.1. Generalităţi 26
3.2.2.2. Verificarea generală a modului de funcţionare 27
3.3. Relee de curent şi tensiune 28
3.3.1. Caracteristici principale 28
3.3.2. Verificarea releelor de curent 30
3.3.2.1. Verificarea generală a modului de funcţionare 30
3.3.2.2. Fixarea şi verificarea valorii de reglaj . 32
3.3.3. Verificarea releelor de tensiune 32
3.3.3.1. Verificarea generală a modului de funcţionare 32
3.3.3.2. Fixarea şi verificarea valorii de reglaj . . 34
3.4. Relee de timp. Releu de timp RTpa-5 34

3.4.1. Caracteristici principale 34
3.4.2. Verificarea releului RTpa-5 35
3.4.2.1. Verificare generală a modului de funcționare 35
3.4.2.2. Fixarea și verificarea valorii de reglaj . . 35
3.5. Releu de frecvență minimă RFm-3 37
3.5.1. Principiu de funcționare, caracteristici 37
3.5.2. Verificarea releului RFm-3 39
3.5.2.1. Verificarea generală a modului de funcționare 39
3.5.2.2. Fixarea și verificarea valorii de reglaj . . 42
3.6. Releu filtru de tensiune de componentă simetrică inversă FRT-2a 42
3.6.1. Principiu de funcționare, caracteristici 42
3.6.2. Verificarea releului FRT-2a 43
3.6.2.1. Verificarea generală a modului de funcționare 43
3.6.2.2. Fixarea și verificarea valorii de reglaj . . 45
3.7. Releu filtru de curent de componentă simetrică inversă FRC-2a 45
3.7.1. Principiu de funcționare, caracteristici 45
3.7.2. Verificarea releului FRC-2a 48
3.7.2.1. Verificarea generală a modului de funcționare 48
3.7.2.2. Fixarea și verificarea valorii de reglaj . . 50
3.8. Releu cu caracteristică limitat dependentă RTpC-1 . . . 50
3.8.1. Principiu de funcționare, caracteristici 50
3.8.2. Verificarea releului RTpC-1 55
3.8.2.1. Verificarea generală a modului de funcționare 55
3.8.2.2. Fixarea și verificarea valorii de reglaj . . . 58
4. *Verificarea releelor a căror acționare depinde de variația a doi sau mai multor parametri de intrare* 59
4.1. Relee direcționale 59
4.1.1. Generalități 59
4.1.2. Relee direcționale cu rotor cilindric. Principiu de funcționare, caracteristici 59
4.1.3. Relee direcționale cu elemente statice tip RDC-3. Principiu de funcționare, caracteristici 64
4.1.4. Verificarea releelor direcționale 66
4.1.4.1. Verificarea generală a modului de funcționare 66
4.1.4.2. Fixarea și verificarea caracteristicii de acționare 75
4.2. Relee diferențiale RDS-3a 75
4.2.1. Generalități 75
4.2.2. Principiu de funcționare, caracteristici tehnice . . 77
4.2.3. Verificarea releelor diferențiale RDS-3a 81
4.3. Relee pentru blocaj la dispariția tensiunii 86
4.3.1. Generalități 86
4.3.2. Releu pentru blocaj la dispariția tensiunilor tip RBDT 86

4.3.2.1. Principiu de funcționare, caracteristici . . 86
4.3.2.2. Verificarea releului RBDT 89
4.3.3. Releu de flux nul pentru blocaj la dispariția tensiunilor 93
4.4. Releu pentru controlul sincronismului tip RCS 94
4.4.1. Principiu de funcționare, caracteristici 94
4.4.2. Verificarea releului RCS 95
5. *Dispozitive pentru automatizare utilizate în stații electrice și posturi de transformare* 100
5.1. Regulator automat de tensiune RATT-3 pentru transformatoare cu reglaj sub sarcină 100
5.1.1. Mod de funcționare, caracteristici tehnice 100
5.1.2. Verificarea dispozitivului RATT-3 103
5.2. Dispozitiv DCRTT-1 pentru compensarea în funcție de curent a regulatorului automat de tensiune tip RATT-3 108
5.2.1. Mod de funcționare, conectare în instalație, caracteristici tehnice 108
5.2.2. Verificarea dispozitivului DCRTT-1 110
5.3. Dispozitive pentru reanclanșarea automată rapidă, RAR 112
5.3.1. Generalități 112
5.3.2. Dispozitive de RAR utilizate în România. Utilizare, principiu de funcționare, caracteristici 113
5.3.2.1 Dispozitiv de RAR tip RARS 113
5.3.2.2. Dispozitiv de RAR tip RAR-2c 115
5.3.2.3. Dispozitiv de RAR tip RAR-T 118
5.3.2.4. Dispozitiv de RAR tip RAR-1MT 120
5.3.2.5. Dispozitiv de RAR tip OZ-33 127
5.3.2.6. Dispozitiv de RAR tip OZ-111 128
5.3.2.7. Dispozitiv de RAR tip CFR 132
5.3.3. Verificarea dispozitivelor de RAR 134
5.3.3.1. Generalități 134
5.3.3.2. Verificarea dispozitivului de RAR tip RARS 135
5.3.3.3. Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-2C 137
5.3.3.4. Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-T 138
5.3.3.5. Verificarea dispozitivului de RAR tip RAR-1MT 141
5.3.3.6. Verificarea dispozitivului de RAR tip OZ-33 145
5.3.3.7. Verificarea dispozitivului de RAR tip OZ-111 146
5.3.3.8. Verificarea dispozitivului de RAR tip CFR 149
6. *Relee de distanță. Principiu de funcționare, caracteristici, verificări* 151
6.1. Generalități 151
6.2. Relee de distanță utilizate în stațiile electrice de înaltă tensiune din România 154
6.2.1. Releu de distanță RD-110 154
6.2.1.1. Elementele de demaraj la supracurent A_R, A_S, A_T, A_O 154

6.2.1.2. Elementul de măsurare a impedanței de defect Z 154
6.2.1.3. Elementul de direcție 161
6.2.1.4. Elementul de timp 162
6.2.1.5. Blocajul la pendulații 162
6.2.1.6. Funcționarea releului de distanță RD-110 163
6.2.1.7. Principalele caracteristici tehnice ale releului RD-110 165
6.2.1.8. Releu de demaraj la minimă impedanță Q_3 167
6.2.1.9. Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță RD 110 ce protejează o linie de 110 kV 169
6.2.1.10. Verificarea releului de distanță RD-110 . . 171
6.2.1.11. Verificarea releului de demaraj la minimă impedanță Q_3 180
6.2.2. Releu de distanță D114. 182
6.2.2.1. Elementele de demaraj la minimă impedanță ZM_R, ZM_S, ZM_T 182
6.2.2.2. Elementul de măsurare a impedanței de defect M 184
6.2.2.3. Elementul de direcție SM 187
6.2.2.4. Elementul de timp TM 188
6.2.2.5. Elementele pentru blocajul la pendulații SJ și SW 188
6.2.2.6. Funcționarea releului de distanță D 114 188
6.2.2.7. Principalele caracteristici tehnice ale releului D 114 191
6.2.2.8. Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță D 114 ce protejează o linie de 110 kV 192
6.2.2.9. Verificarea releului de distanță D 114 . . 194
6.2.3. Releu de distanță PD-2 204
6.2.3.1. Elementele de pornire la minimă impedanță P_R, P_S, P_T 204
6.2.3.2. Elementul de măsurare a impedanței de defect Z 205
6.2.3.3. Elementul de direcție $D_F - D_S$ 206
6.2.3.4. Elementele de timp 207
6.2.3.5. Funcționarea releului de distanță PD-2 . 208
6.2.3.6. Principalele caracteristici tehnice ale releului de distanță PD-2 209
6.2.3.7. Exemplu de calcul și stabilire a reglajelor pentru un releu de distanță PD-2 ce protejează o linie de 110 kV 211
6.2.3.8. Verificarea releului de distanță PD-2 . . 212
7. *Măsuri de protecția muncii la verificarea releelor și circuitelor secundare* 220
Bibliografie 222

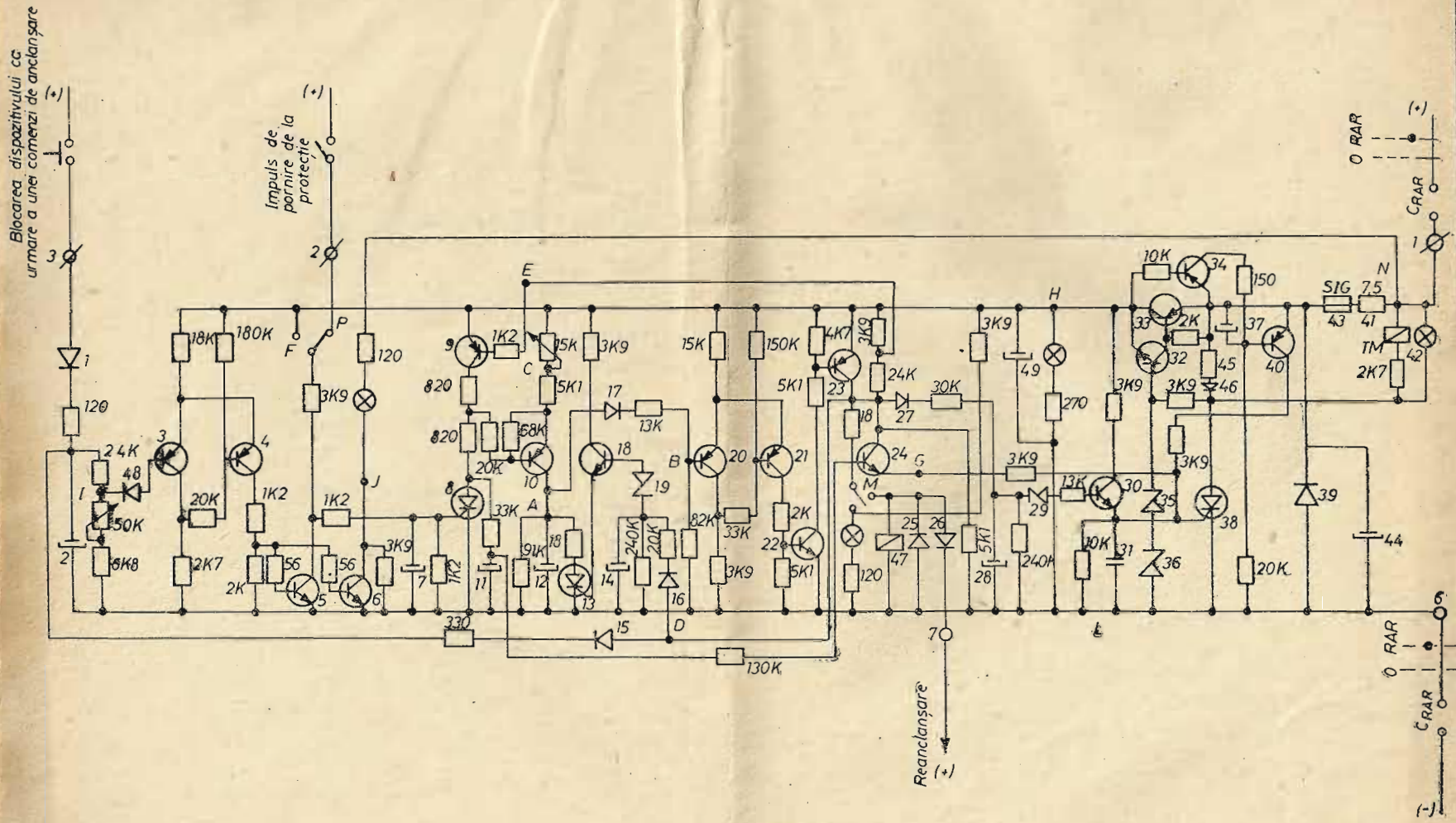

Blocarea dispozitivului ca urmare a unei comenzi de anclanşare
Impuls de pornire de la protecţie
(+)
Reanclanşare
O RAR
C RAR
TM
SIG
(-)

Fig. 5.15.

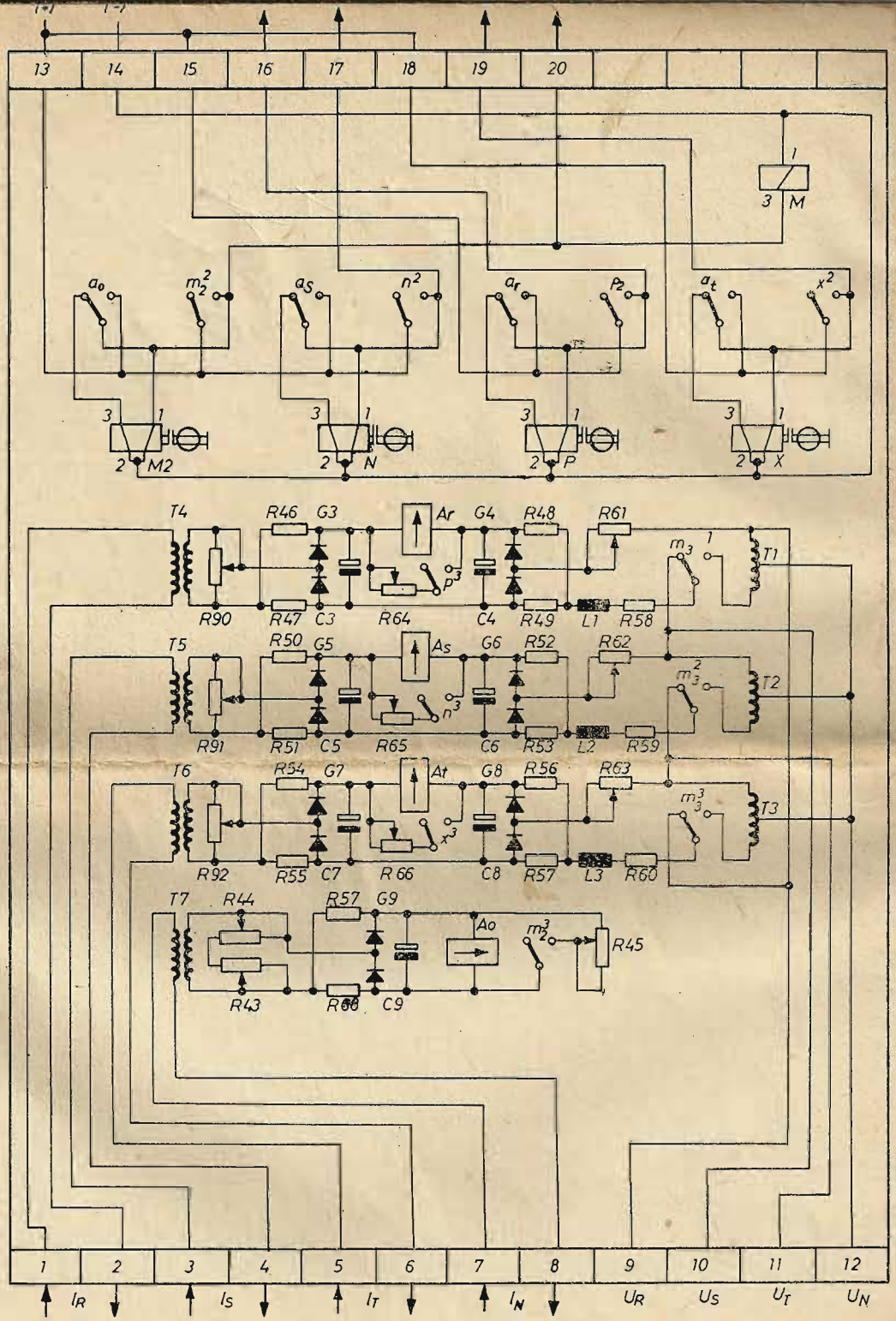

13
14
15
16
17
18
19
20
M
M2
N
P
X
T4
T5
T6
T7
T1
T2
T3
R90
R91
R92
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R53
R54
R55
R56
R57
R58
R59
R60
R61
R62
R63
R64
R65
R66
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
L1
L2
L3
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
Ar
As
At
Ao
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
I_R
I_S
I_T
I_N
U_R
U_S
U_T
U_N

Fig. 6.15.

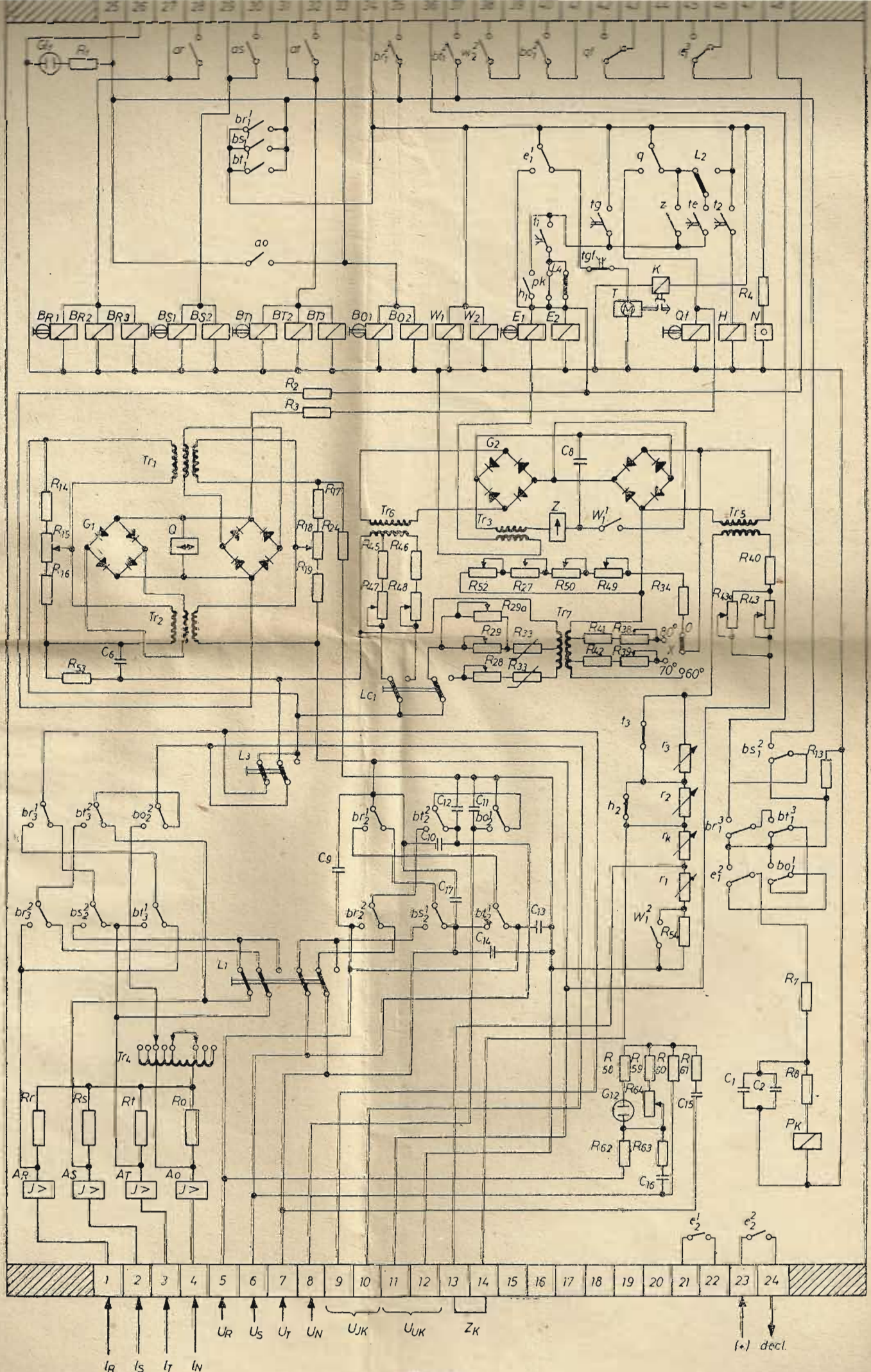

BR1 BR2 BR3 BS1 BS2 BT1 BT2 BT3 BO1 BO2 W1 W2 E1 E2 Qf H N
Tr1 Tr2 Tr3 Tr4 Tr5 Tr6 Tr7
G1 G2
Q
Z
K
T
pk
tg
tgf
L1 L2 L3
Lc1
C1 C2 C6 C8 C9 C10 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17
R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R24 R27 R29 R29a R33 R34 R38 R40 R41 R42 R43 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R52 R53 R54 R58 R59 R60 R61 R62 R63 R64
Rr Rs Rt Ro
AR AS AT Ao
J>
80° 70° 960°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
UR US UT UN UJK UUK ZK
IR IS IT IN
(+) decl.

Fig. 6.3.

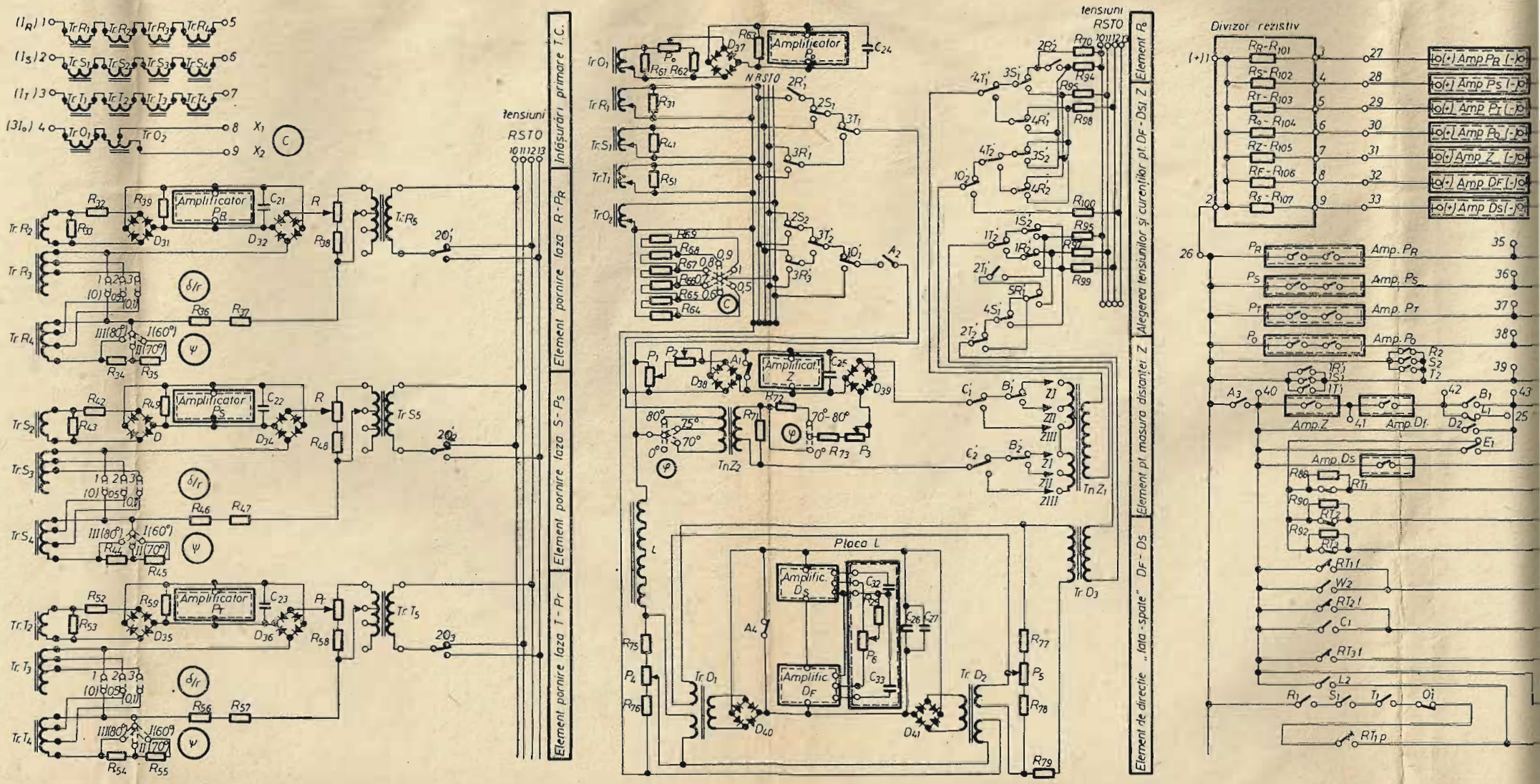

Tensiuni RSTO
Infăşurări primare T.C.
Element pornire faza R - PR
Element pornire faza S - Ps
Element pornire faza T - Pr
Amplificator
Placa L
Amplific. Ds
Amplific. Df
Tr D1
Tr D2
Tr D3
Tn Z1
Tn Z2
Element de direcţie „faţă - spate" Df - Ds
Element pt măsura distanţei Z
Alegerea tensiunilor şi curenţilor pt. Df - Ds; Z
Element Po
Divizor rezistiv
Amp. PR
Amp. Ps
Amp. Pr
Amp. Po
Amp. Z
Amp. Df
Amp. Ds

Fig. 6.37.

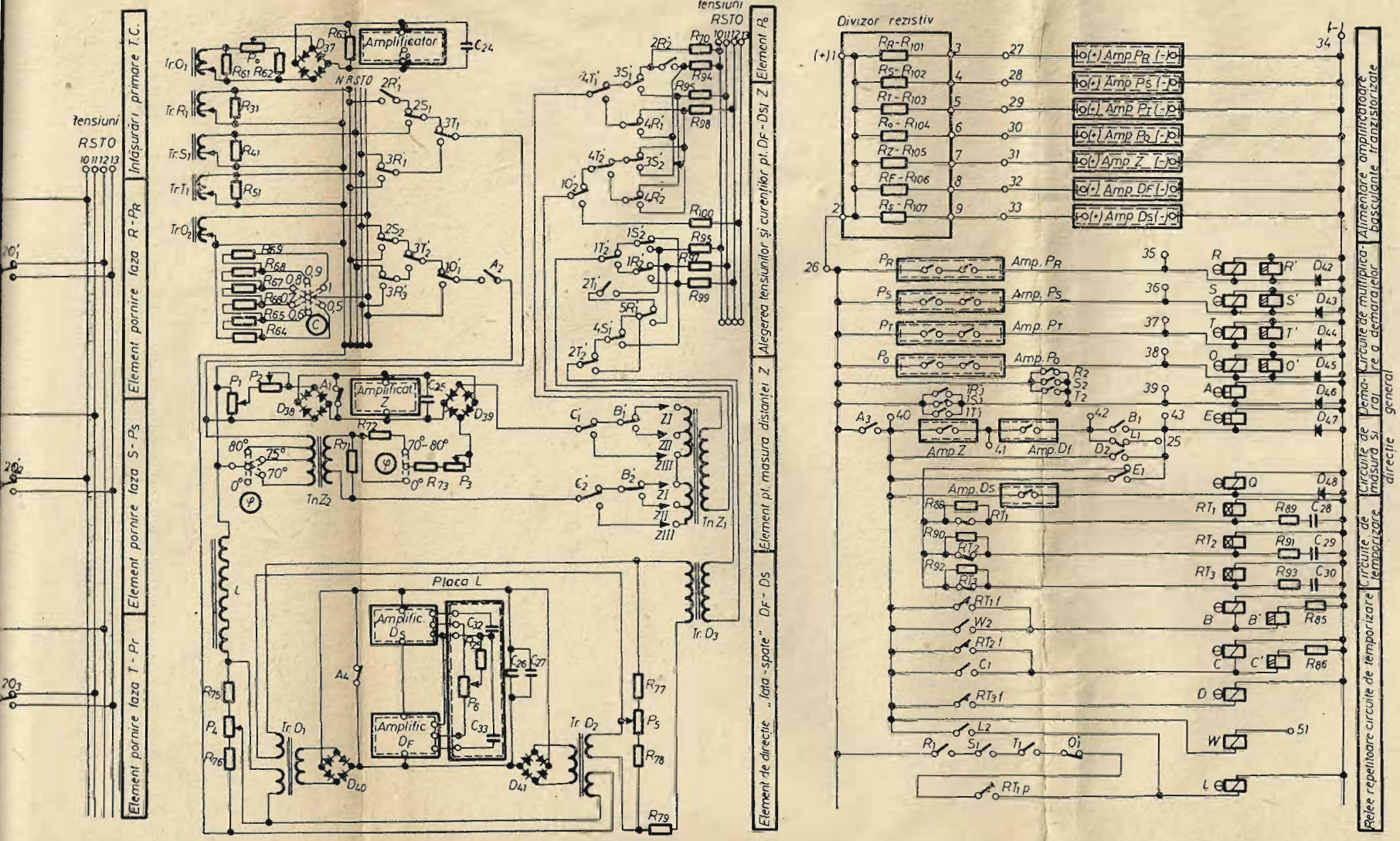

Tensiuni RSTO
Element pornire faza T - Pr
Element pornire faza S - Ps
Element pornire faza R - PR
Înfășurări primare T.C.
Amplificator Po
Amplificat. Z
Amplific. Ds
Amplific. Df
Placa L
Element de direcție „fata - spate" Df - Ds
Element pt. măsura distanței Z
Alegerea tensiunilor și curenților pt. Df - Ds; Z
Element Po
Divizor rezistiv
Amp. PR
Amp. Ps
Amp. Pt
Amp. Po
Amp. Z
Amp. Df
Amp. Ds
Releu repetitoare circuite de temporizare
Circuite de temporizare
Circuite de măsură și direcție
Schema generală
Circuite de multiplicare
Alimentare amplificatoare basculante tranzistorizate
Circuite de ieșire
Simboluri relee
releu electromagnetic
releu electromagnetic cu semnalizarea funcționării
releu electromagnetic rapid cu semnalizarea funcționării
releu de timp
releu electromagnetic cu contacte în gaz (reed)

Fig. 6.37.

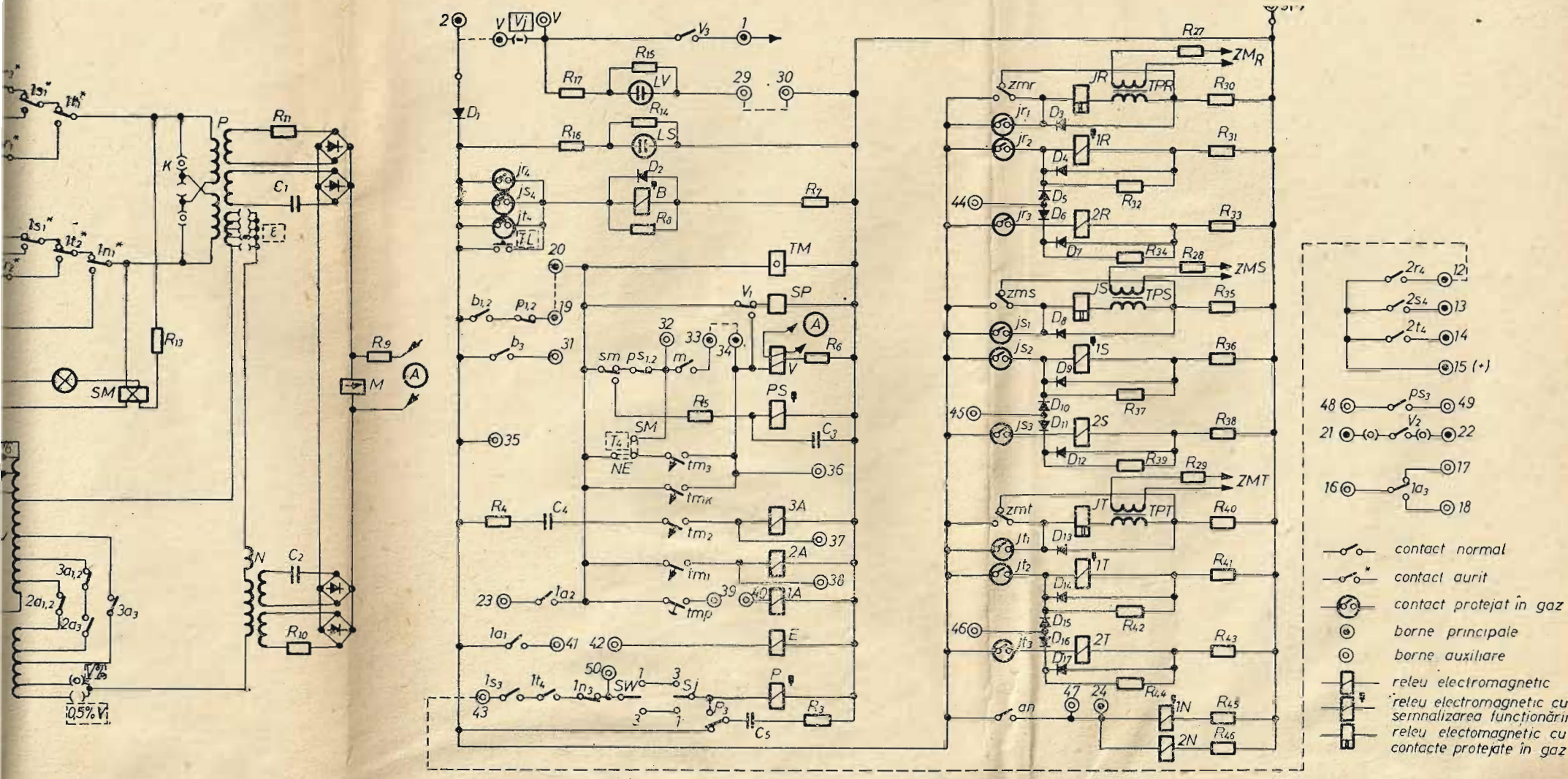

contact normal
contact aurit
contact protejat în gaz
borne principale
borne auxiliare
releu electromagnetic
releu electromagnetic cu semnalizarea funcționării
releu electomagnetic cu contacte protejate în gaz

Fig. 6.28.

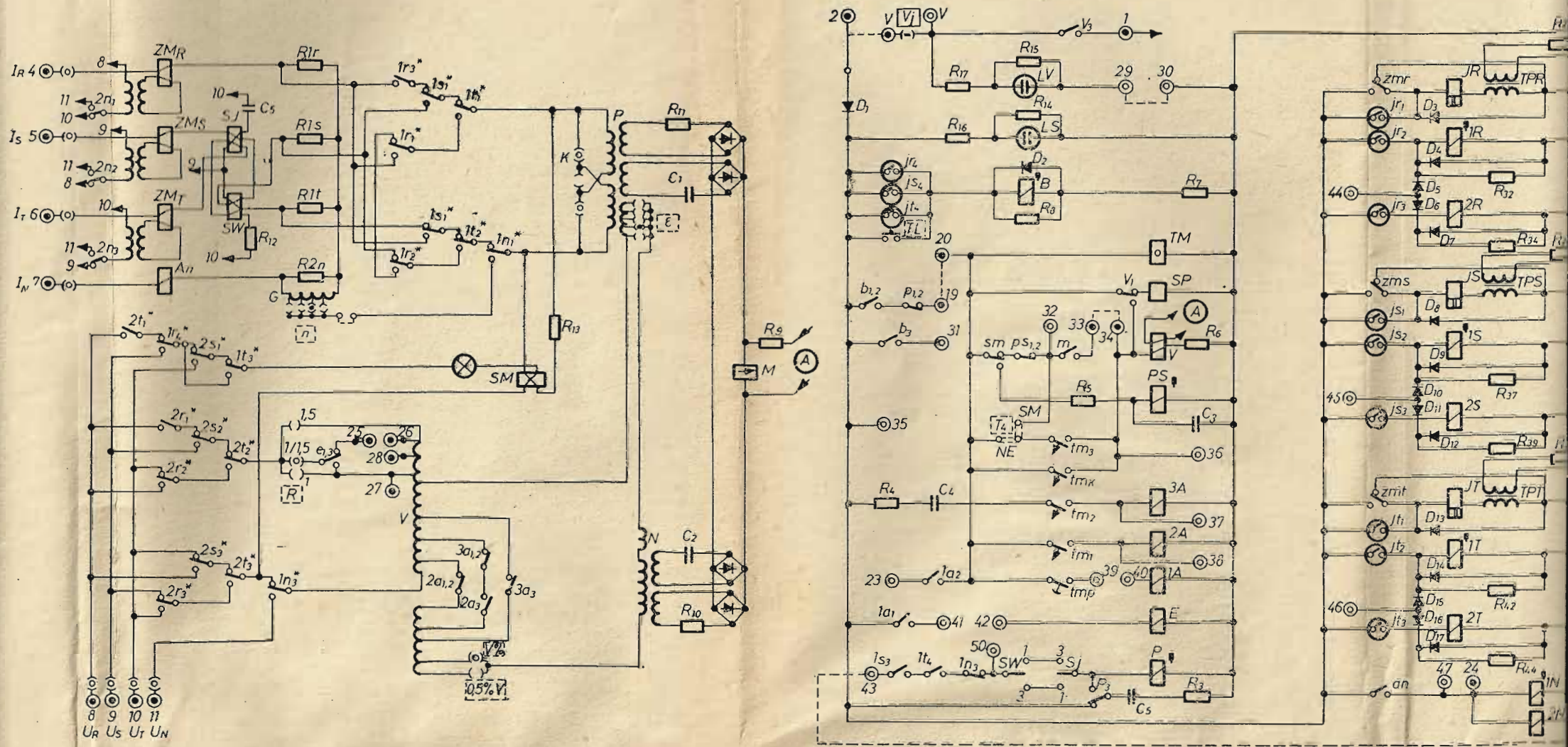

ZMR
ZMS
ZMT
R1r
R1s
R1t
R2n
SJ
SW
R12
Cs
K
P
Rn
C1
SM
R13
R9
M
A
V
3a1,2
2a1,2
2a3
3a3
C2
R10
0,5%Vi
8 UR 9 US 10 UT 11 UN
2
V
Vi
V3
1
R15
R17
LV
29
30
D1
R14
LS
R16
D2
B
R8
R7
jr4
js4
jt4
TL
20
TM
SP
V1
b1,2
p1,2
19
32
33
34
sm
ps1,2
m
R6
b3
31
PS
R5
C3
35
NE
tm3
36
tmx
R4
C4
tm2
3A
37
2A
tm1
38
23
1a2
tmp
39
40
1A
1a1
41
42
E
50
SW
1
3
SJ
P
1s3
1t4
1n3
43
R3
C5
zmr
JR
TPR
jr1
jr2
D3
D4
1R
44
jr3
D5
D6
2R
D7
R32
R34
zms
JS
TPS
js1
js2
D8
D9
1S
R37
45
js3
D10
D11
2S
D12
R39
zmt
JT
TPT
jt1
jt2
D13
D14
1T
R42
46
jt3
D15
D16
2T
D17
47
24
R44
1N
an

Fig. 6.28.